



KIBRIS TÜRK MÜHENDİS VE MİMAR ODALARI BİRLİĞİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI

EMO
YETKİ BELGESİ SINAVLARI
SORU – YANIT KİTABI

Mart 2018

ÖNSÖZ

Yaşam boyu eğitim, başarının en önemli noktalarındandır. Bilgi çağında yaşadığımız bu dönemde, kendini yenilemek ve dünyadaki değişimi yakından takip etmek başarının kaçınılmazlarındandır.

Elektrik Mühendisleri Odası, her zaman için başta üyeleri olmak üzere, hizmet verdiği her kitleye en iyi şekilde hizmet sunmak için çalışmalar yapmaktadır. Odamız tarafından verilen “Elektrik Teknisyenliği Yetki Belgesi”, ülkemizde elektrik alanındaki iş kalitesinin artması ve teknik iş gücünün karşılanması açısından büyük önem arz etmektedir. Bu doğrultuda odamız “Teknisyenlik Yetki Belgesi” eğitimlerine büyük önem vermekte, eğitimde çeşitlilik ve zenginlik yaratmak için çalışmalar yapmaktadır.

Bu kitap, elektrik sektörüne gönül vererek çalışan emekçilerimize “Teknisyenlik Yetki Belgesi” almaları konusunda yardımcı olmak amacı ile hazırlanmıştır. Kitabın hazırlanmasında emeği geçen üyelerimize oda Yönetim Kurulumuz adına teşekkür ederim. Bu kitabın ilgilenenlere faydalı olmasını temenni ederim.

Bilgi ve emeği birleştirerek hep birlikte daha güzel yarınlar kurmamız dileklerimle...

Mert GİRGEN

EMO Başkanı

GİRİŞ

Bu kitap, elektrik tesisatçılığı yapmakta olan elektrik teknisyenlerine ve endüstri meslek liselerinin elektrik bölümünde eğitim gören öğrencilere, gerek teknik-pratik uygulamalarda ve gerekse her yıl yapılmakta olan EMO elektrik müteahhitliği (teknisyenliği) yetki belgesi sınavlarında yardımcı olması amacıyla hazırlanmıştır.

Kitabın giriş bölümünde elektrik hakkında genel bilgilere yer verilmiş, daha sonraki bölümlerde ise, son 10 yıl içerisinde EMO yetki belgesi sınavlarında sorulan **Genel**, **Konut** ve **Sanayi** konulu sorular yanıtlanmıştır.

Sorular yanıtlanırken, sınavların yapıldığı dönemde ülkemizde yürürlükte olan **IEE 14. Tesisat Yönetmeliği** esas alınmıştır.

Saygılarımızla...

KİTABI HAZIRLAYAN EMO SINAV KURULU

Halil AKANSEL
Özgenç YÜCESAN
Mustafa ÖZMERT
Ali AZİMLİ
Osman BEYİT
Samet BİRİCİK
Mehmet ŞENOL
Ali Murat CELLATOĞLU

ELEKTRİK HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Kitabımızın ilk bölümünde elektriğin temel konularına kısaca değineceğiz. Bu bilgiler yüklenici teknisyenlik sınavlarında ve uygulamalarınızda oldukça işinize yarayacaktır. Daha sonra son 10 yıl içerisinde sorulmuş olan soruların açıklamalı çözümleri yer alacaktır.

Yaşadığımız çağın en önemli enerjisi elektrik enerjisidir. Elektriğin üretilme biçiminden ve fiyatının yüksekliğinden zaman zaman şikayetçi olsak da en kısa süreli bile olsa elektrik kesintisi hepimizi çileden çıkarır. Kullandığımız cihazların neredeyse tamamı elektrik enerjisi ile çalışmaktadır. Elektrik kullanımı basit ve temiz bir enerjidir. Elektriğin evlerde, işyerlerinde ve sanayide kullanılma yerleri sayılamayacak kadar fazladır.

Elektrik; kullanılacağı yere kadar en az kayıpla götürülebilen ve diğer enerji çeşitlerine en kolay çevrilebilen enerjidir. Elektrik santrallerinde üretilen elektrik enerjisi, binlerce kilometre uzaklıktaki yerleşme merkezlerine iletim hatları ile kolayca iletilir. Kullanma amacına uygun olarak mekanik, ısı veya ışık ve kimyasal enerjilere kolaylıkla çevrilir.

1. İLETKENLER, YALITKANLAR

Atomun dış yörüngesinde değişik sayıda elektron bulunabilir. Fakat bu elektronların sayısı sekizden fazla olamaz. Dış yörüngede sekiz elektronu bulunan atomlar bir nevi kararlılık kazanmıştır. Sekiz elektronlu dış yörüngelere “doymuş yörünge” denir. Doymuş yörüngenin elektronları çekirdeğe daha sıkı olarak bağlıdır. Şu halde dış yörüngeleri doymuş olan atomlar, elektronlarını kolay kolay bırakmazlar ve dışarıdan elektron alamazlar.

Bu bilgileri verdikten sonra serbest elektronları fazla olan maddelere, elektrik akımını iyi ileten anlamına gelen “**iletken**” denir. Bir maddenin elektriksel iletkenliği o maddenin üzerinden akan elektrik akımının ne kadar kolay aktığının bir ölçüsüdür. Bütün metaller iletkenler, örneğin bakır, alüminyum, demir vs gibi.

Elektrik akımını iyi iletmeyen veya hiç iletmeyen maddelere “**yalıtkan**” denir. Yalıtkanlara örnek olarak kauçuk, cam, hava, yağ ve pamuk gösterilebilir.

2. DİRENÇ

Direnç, akımın akışına zorluk gösteren elemandır. Bir iletkenin uçlarına 1 voltluk bir gerilim uygulandığında bu iletkenin üzerinden 1 amperlik akım akıyorsa bu iletkenin direnci 1 ohmdur denir. Elektrik direncinin sembolü **R**, birimi **Ω** (ohm) harfi ile gösterilir.

Bu konuda, bir borudan akan suyun karşılaştığı zorluğu örnek olarak gösterebiliriz. Boru dar ve iç yüzeyi fazla girintili çıkıntılı ise suyun akışına karşı belli bir zorluk ortaya çıkaracaktır. Aynı şekilde borunun uzunluğu arttıkça, içinden geçen suya gösterdiği direnç artacaktır. Bir iletkenin direnci de, o iletkenin boyuna, çapına cinsine göre değişir. Örneğin bir iletkenin uzunluğu ile direnci doğru orantılıdır. İletkenin uzunluğu arttıkça direnç de artar. Buna karşılık iletkenin kesiti ile direnç ters orantılıdır. Buna göre iletkenin kesiti arttıkça direnç azalır, kesiti azaldıkça direnç artar. Bunlardan başka, direnç, iletkenin cinsine göre de değişir. Örneğin aynı uzunlukta ve aynı kesitte bakır ile alüminyum iletkenin dirençleri birbirinden farklıdır.

İletkenin direnci, sıcaklıkla doğru orantılı olarak değişir. Buna göre sıcaklık arttıkça iletkenin direnci de artar. Tablolarda verilen omik değerler, oda sıcaklığındaki (20 °C) direnç değerleridir.

Ohmun bazı katları şöyledir:

1 mili ohm (mΩ)	= 1/1000 Ω
1 kilo ohm (kΩ)	= 1000 Ω
1 mega ohm (MΩ)	= 1000000 Ω

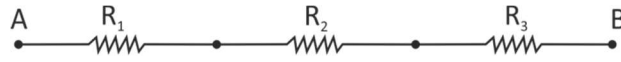
❖ Dirençlerin bağlantıları

Dirençler birbirleriyle 3 şekilde bağlanabilirler:

• Seri bağlantı

Dirençlerin arka arkaya bağlanması durumuna “seri bağlantı” denir. Seri bağlantıda devrenin toplam direnci, seri bağlanan dirençlerin toplamına eşittir. Yani;

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \text{ dir.}$$



Yukarıdaki şekilde 3 adet direnç seri bağlanmıştır. A-B noktaları arasındaki eşdeğer (toplam) direnç, seri bağlanmış olan 3 adet direncin toplamına eşittir. Yani;

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 \text{ d\u00fcr.}$$

- **Paralel bağlantı**

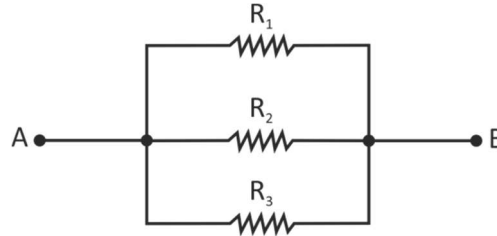
Birden fazla direncin uçlarına aynı gerilim uygulanıp, her birinden ayrı ayrı akım geçebilecek şekilde bağlanmalarına “paralel bağlantı” denir. Paralel bağlantı; dirençlerin birer uçlarının birbirleri ile birleştirilmesi ile elde edilir.

Paralel bağlanan dirençlerde kol sayısı arttıkça devrenin eşdeğer direnci azalır. Bu bağlantıda eşdeğer direncin tersi, kollarındaki dirençlerin terslerinin toplamına eşittir. Yani;

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \text{ dir.}$$

Buradan;

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}} \text{ yazılabilir.}$$



Yukarıdaki şekilde 3 adet direnç paralel bağlanmıştır. A-B noktaları arasındaki eşdeğer (toplam) direncin tersi, paralel bağlanmış olan 3 adet direncin terslerinin toplamına eşittir. Yani;

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \text{ d\u00fcr.}$$

İşlem kolaylığı sağlamak için 2 ve 3 adet direncin paralel bağlanmaları durumunda formülü basitleştirelim:

2 direncin paralel olması halinde; $\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} \rightarrow R_e = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ formülü ile eşdeğer direnç

hesaplanabilir.

3 direncin paralel olması halinde; $\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3} \rightarrow R_e = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3}$

formülü ile eşdeğer direnç hesaplanabilir

Eşit değerli n adet direncin paralel bağlanması durumunda eşdeğer direnç en kısa yoldan

$$R_e = \frac{R}{n} \text{ formülü ile kolayca hesaplanabilir.}$$

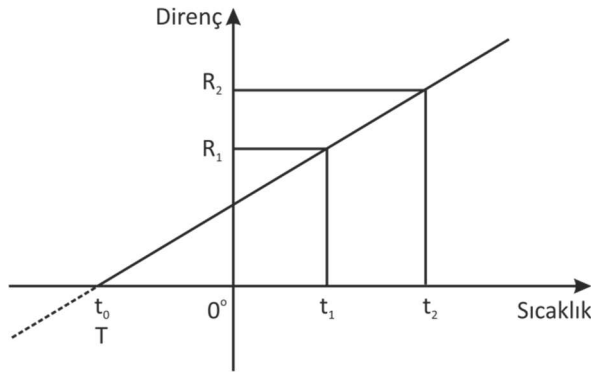
- **Karışık bağlantı**

Karışık bağlantıda eşdeğer direnç, seri bağlı dirençlerin eşdeğer direnci (R_{seri}) ile paralel bağlı dirençlerin eşdeğer direncinin (R_{paralel}) toplamıdır. Yani;

$$R_e = R_{\text{seri}} + R_{\text{paralel}} \text{ dir.}$$

Burada en önemli konu paralel bağlı olan dirençlerin tek dirence (R_{paralel}) indirgenmesi gerektiğidir.

❖ Direncin sıcaklıkla değişimi



Metalin direncinin sıcaklıkla değişimi

Yukarıdaki şekilde R_1 bir direncin t_1 sıcaklığındaki değeri, R_2 ise aynı direncin t_2 sıcaklığındaki değeridir. Görüldüğü gibi sıcaklık arttıkça direncin omik değeri artmıştır. Her metal için bir T katsayısı vardır. T katsayısı teorik olarak yukarıdaki grafikteki gibi direncin sıfır olduğu t_0 sıcaklığının mutlak değeridir. Aşağıdaki tabloda çeşitli iletkenlerin T ve α katsayıları verilmektedir. Her metal için bir α katsayısı (direncin sıcaklık katsayısı) da vardır.

METAL	T KATSAYISI	α KATSAYISI
Altın	274	0,003715
Gümüş	243	0,003819
Bakır	234,5	0,004041
Alüminyum	236	0,004308
Çinko	250	0,003847
Nikel	147	0,005866
Demir	162	0,005671
Kurşun	218	0,003923

Bir direncin değişik sıcaklıktaki değeri aşağıdaki formüller ile hesaplanabilir.

(1) $\frac{R_1}{R_2} = \frac{T+t_1}{T+t_2}$ (T katsayısı ile hesaplama formülü)

Burada; T : Metalin katsayısı

t_1 : Birinci sıcaklık

R_1 : Direncin t_1 sıcaklığındaki değeri

t_2 : İkinci sıcaklık

R_2 : Direncin t_2 sıcaklığındaki değeridir.

Örnek: 20°C deki direnci 5Ω olan bir bakır iletkenin 50°C deki direncini bulalım.

Bakırın T katsayısı 235 dir. Bilinen değerleri formüldeki yerlerine yerleştirelim.

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{T+t_1}{T+t_2} \rightarrow \frac{5}{R_2} = \frac{235+20}{235+50} = \frac{255}{285} \rightarrow R_2 = \frac{5 \cdot 285}{255} = 5,58\Omega$$

olarak hesaplanmış olur.

(2) $R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$ (α katsayısı ile hesaplama formülü)

Burada; α : Metalin direncin sıcaklık katsayısı

t_1 : Birinci sıcaklık

R_1 : Direncin t_1 sıcaklığındaki değeri

t_2 : İkinci sıcaklık

R_2 : Direncin t_2 sıcaklığındaki değeridir.

Örnek: 23°C deki direnci 150Ω olan bir bakır iletkenin 35°C deki direncini bulalım.

Bakırın α katsayısı 0,004041 dir. Bilinen değerleri formüle yerleştirelim.

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] = 150 [1 + 0,004041 \cdot (35 - 23)]$$

$$R_2 = 150 [1 + 0,004041 \cdot (35 - 23)] = 150 \cdot 1,0889 = 163,335\Omega$$

olarak hesaplanmış olur.

3. ELEKTRİK BİRİMLERİ

a) Elektrik Yükü

Bir cismin elektrik yükü, o cismin kazandığı veya kaybettiği elektron miktarıdır. Elektrik yükünü elektron sayısı olarak ifade etmek istersek söylenmesi ve kullanması zor olan çok büyük sayıları kullanmamız gerekir. O yüzden $6,24 \times 10^{18}$ elektron miktarına 1 kulon (coulomb) denilmiş ve işlemler kolaylaştırılmıştır. Elektrik yükünün sembolü **Q**, birimi **C** (kulon) harfi ile gösterilir.

b) Elektrik Akımı

Elektrik akımı, elektronların bir noktadan diğer bir noktaya akışıdır. Elektrik akımı birimi, iletkenin kesitinden bir saniyede geçen elektron miktarına bağlı olarak tanımlanır. Buna göre bir kesitten, bir saniyede $6,24 \cdot 10^{18}$ elektron (yani 1 kulonluk yük) geçiyorsa bu akımın şiddeti 1 Amperdir denir. Elektrik akımının sembolü **I**, birimi **A** (amper) harfi ile gösterilir.

Amperin bazı katları şöyledir:

1 mili amper (mA) = 1/1000 A

1 kilo amper (kA) = 1000 A

c) Gerilim, Potansiyel Farkı, Elektromotor Kuvvet

Su borusu içinden suyun akabilmesi için mutlaka bir basınç farkı gereklidir. Örneğin bir su pompası ile su basılmalıdır ki su borudan akabilsin. Benzer bir şekilde elektrik devresinden de akımın akması için mutlaka bir kuvvete ihtiyaç vardır. Bu kuvvet olmadığı takdirde serbest elektronlar hareket edemez yani elektrik akımı akmaz. Bu kuvvete gerilim, potansiyel farkı veya elektromotor kuvvet olarak adlandırılır ve kısaca (U) veya (E) harfi ile gösterilir.

1 kulonluk yüke 1 Joule’luk bir iş gördüren elektromotor kuvvetin değeri 1 volt olarak kabul edilir. Herhangi bir devre elemanının uçları arasındaki potansiyel farkına gerilim denir. Gerilim de bir elektromotor kuvvet olduğundan birimi **volt**tur ve **V** harfi ile gösterilir.

Voltun bazı katları şöyledir:

1 mili volt (mV) = 1/1000 V

1 kilo volt (kV) = 1000 V

d) Elektriksel İş ve Elektriksel Güç

Elektriksel iş, bir devrede elektriksel potansiyeli farkı “U” olan iki nokta arasında belirli bir miktar “Q” yükünün taşınması için gerekli enerji miktarıdır.

$W = Q \cdot U \rightarrow$ (joule = coulomb.volt)

Elektriksel iş; potansiyeli farkı “U” olan iki nokta arasında belirli bir “I” akımını belirli bir “t” süresince akıtabilmek için gerekli enerji miktarı olarak da tanımlayabilir ve formülü şöyle yazabiliriz:

$W = U \cdot I \cdot t \rightarrow$ (iş = Gerilim.Akım.Zaman)

Elektriksel güç, birim zamanda yapılan iş ya da sarf edilen/depolanan enerji olarak tanımlanmaktadır.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{U \cdot I \cdot t}{t} = U \cdot I \rightarrow \text{Güç} = \frac{\text{İş}}{\text{Zaman}} = \frac{\text{Gerilim.Akım.Zaman}}{\text{Zaman}} = \text{Gerilim.Akım}$$

Elektriksel güç birimi “**watt**”tır ve “**W**” harfi ile gösterilir.

Elektriksel iş $W = \text{Güç} \cdot \text{Zaman}$ olduğundan; gücün ifade edilmesine ve zamanın türüne göre watt.sn (Ws); kilowatt.saatt (kWh); megawatt.saatt (MWh) gibi farklı birimlerle gösterilebilir.

4. OHM KANUNU

Bir elektrik devresinde elektronların hareketinin elektromotor kuvvet etkisi ile meydana geldiğini biliyoruz. O halde devre gerilimi (U) ne kadar büyük olursa o kadar çok sayıda elektron harekete geçirilecektir, diğer bir deyişle o kadar büyük bir akım şiddeti elde edilecektir. O halde diyebiliriz ki; **bir elektrik devresinde devrenin gerilimi (U) ile devrenin akımı (I) birbirleriyle doğru orantılıdır.**

Öte yandan bir elektrik devresinde elektronların hareketine karşı ne kadar büyük direnç gösterilirse o kadar az sayıda elektron geçecektir diğer bir deyişle akım şiddeti o kadar küçük olacaktır. O halde diyebiliriz ki; **bir elektrik devresinde devrenin akım şiddeti (I) ile devrenin direnci (R) birbirleriyle ters orantılıdır.**

Yukarıda varılan sonuçları bir formül ile ifade edebiliriz:

$$I = \frac{U}{R}$$

Akım, gerilim ve direnç arasındaki bu bağlantıya OHM YASASI denir.

Bir devrede;

Gerilim ve direnç biliniyorsa, akımı; $I = \frac{U}{R}$

Akım ve gerilim biliniyorsa, direnci; $R = \frac{U}{I}$

Akım ve direnç biliniyorsa, gerilimi; $U = I \cdot R$ formülü ile hesaplayabiliriz.

Akılda kalıcı bir yöntem gösterelim: Akım, gerilim ve direnci bir üçgen içerisine aşağıdaki gibi yerleştirelim. Bulmak istediğimiz büyüklüğü parmağımızla kapatalım. Üçgenin içerisindeki diğer harfler yapılacak işlemi gösterecektir. [Eğer harfler alt alta iseler bölme, yan yana iseler çarpma işlemi yapılacaktır.]

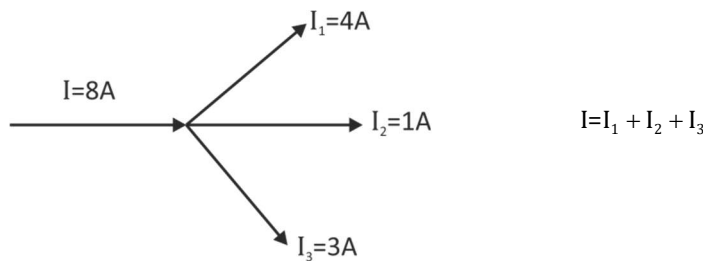


5. KIRCHOFF YASALARI

Ohm yasasını öğrenen bir elektrik teknisyeni bu yasanın tamamlayıcısı olan Kirchoff yasalarını da öğrenmelidir. Kirchoff yasaları 2 tanedir.

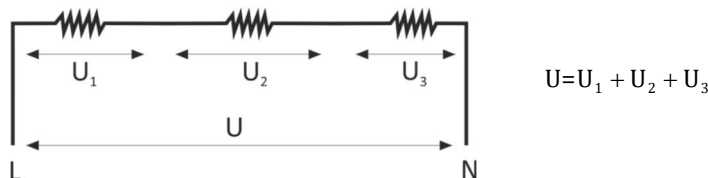
a) Birinci Kirchoff Yasası

Ana koldan geçen akımın şiddeti, kollardan geçen akım şiddetlerinin toplamına eşittir. Bu yasa aynı zamanda akım yasası ve düğüm yasası olarak da adlandırılır. Bu yasaya göre herhangi bir düğüm noktasına gelen akımların toplamı, bu noktadan çıkan akımların toplamına eşittir.



b) İkinci Kirchoff Yasası

Kapalı bir elektrik devresine uygulanan gerilim, bu devrede yer alan almaçların uçları arasındaki gerilimlerin toplamına eşittir. Seri bağlı devrelerde dirençlerin üzerinden bir akım geçirilecek olursa, her direncin üzerinde değeri ile orantılı olarak bir gerilim düşümü meydana gelir. Bu gerilim düşümlerinin toplamı devre gerilimine eşittir. Bu yasa aynı zamanda gerilim yasası olarak da anılır.



6. DOĞRU AKIM

Zamanla yönü ve şiddeti değişmeyen akıma doğru akım denir. İngilizce "Direct Current" kelimelerinin kısaltılması "DC" ile veya Türkçe "DA" harfleriyle gösterilir.

DC üreten kaynaklar şu şekilde sıralanabilir:

- Pil; kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren araçlara pil adı verilir.

- Akümülatör; kimyasal yolla elektrik enerjisi üreten araçtır.
- Dinamo; hareket enerjisini DC elektrik enerjisine çeviren araçlardır.
- Doğrultmaç devresi; Alternatif akım elektrik enerjisini DC elektrik enerjisine çeviren araçlardır.
- Güneş pili; Güneş enerjisini DC elektrik enerjisine çeviren elemanlara güneş pili denir.

Doğru akımın yaygın olarak kullanıldığı alanları şöyle sıralayabiliriz:

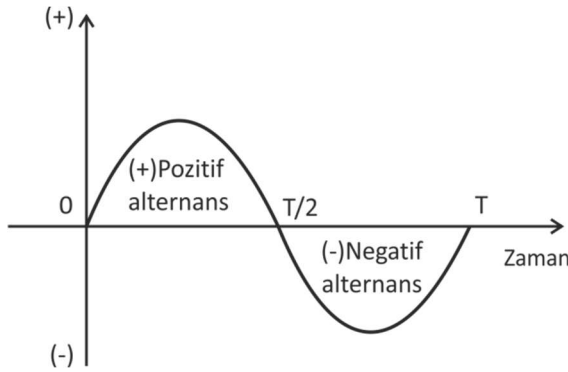
- Haberleşme cihazları (telekomünikasyon)
- Radyo, teyp, televizyon, gibi elektronik cihazlar
- Redresörlü kaynak makineleri
- Maden arıtma (elektroliz) ve maden kaplamacılığı (galvanoteknik)
- Elektrikli taşıtlar (tren, tramvay, metro)
- Elektro-mıknatıslar
- DC Elektrik motorları

Doğru akımın elde edilmesinde kullanılan dinamolar (D.A. jeneratörü) yüksek gerilimli olarak yapılamazlar. Komütasyon zorluklarından dolayı, ancak 1500 volta kadar D.A üreten jeneratörler yapılabilmektedir.

7. ALTERNATİF AKIM

Alternatif akım periyodik olarak yönünü ve şiddetini değiştiren bir elektrik akımıdır. İngilizce "Alternating Current" kelimelerinin kısaltılması "AC" ile veya Türkçe "AA" harfleriyle gösterilir.

Alternatif akımda serbest elektronlar her iki yönde ve eşit mesafelerde hareket ederler. Buna göre alternatif akım, zaman grafiğinde bir dalga hareketi yapmakta ve şiddetini değiştirmektedir.

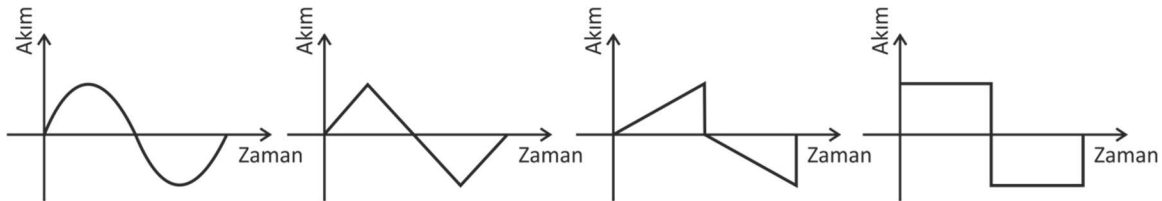


Şekildeki sinüs eğrisindeki gerilimin (veya akımın) değeri sıfırdan başlayıp yükselmiş ve 90° de en yüksek değerine ulaşmıştır. Daha sonra azalma göstererek 180° de sıfıra düşmüştür. Buna pozitif alternans denir. 180° den sonraki ve 360° ye kadar olan ters yöndeki eğriye ise negatif alternans denir.

Eğrinin sıfırdan başlayarak pozitif maksimum değere yükselmesi, tekrar düşerek sıfıra ve negatif maksimum değere inmesi, buradan da tekrar sıfıra ulaşmasına sayıl denir. Bir sayılın tamamlanması için geçen zamana **periyot** (T) denir ve saniye ile ölçülür. Bir saniye içerisindeki periyotların sayısına **frekans** (f) denir. Frekansın birimi "Hertz"(Hz)dir. Periyot ne kadar kısa olursa frekans o kadar yüksek olur.

$$f = \frac{1}{T} \quad f = \text{Frekans (Hz)} \quad \text{ve} \quad T = \text{Periyot (sn)}$$

Ülkemizde kullanılan alternatif akım frekansı 50 Hz.dir.



Yukarıdaki şekilde zamanla değişimleri farklı alternatif akımlar verilmiştir. Bu akımların pozitif ve negatif periyotlarının aynı olduğu görülmektedir. Bu alternatif akımlardan sadece sinüs eğrisi şeklindeki alternatif akım (en baştaki eğri) idealdir.

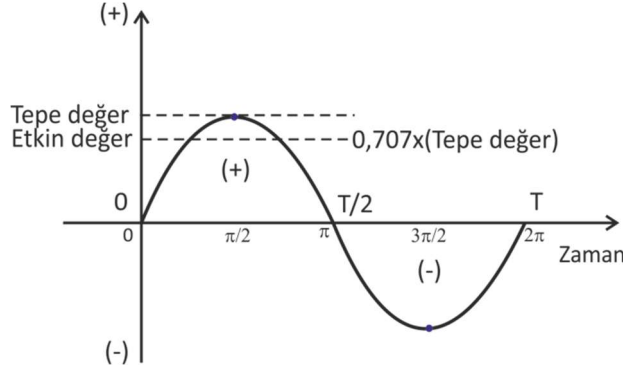
Alternatif akım değerleri

Alternatif akımın ani, etkin (efektif) ve tepe (maksimum) olmak üzere 3 çeşit değeri vardır.

- **Ani değer**

Alternatif akımın zamanla değerinin değiştiğini biliyoruz. İşte alternatif akım ve gerilimin herhangi bir andaki değerine ani değer denir. Bir saykılta sonsuz sayıda ani değer vardır.

- **Tepe (maksimum) değer**



Tepe değer ani değerlerin en büyüğüdür. Dikkat edilirse yukarıdaki sinüs eğrisinde $\pi/2$ (yani 90°) ve $3\pi/2$ (yani 270°)'lik açılarda elde edilen değer en yüksek değerdir.

Tepe değer gerilim için V_m ve akım için de I_m şeklinde ifade edilir.

- **Etkin (efektif) değer**

Bir dirençte doğru akımın meydana getirdiği ısıyı, aynı dirençte ve zamanda ortaya çıkaran alternatif akım değerine alternatif akımın etkin veya efektif değeri denir. Etkin (efektif) değer alt ifadeler kullanılmadan büyük karakterle gösterilir.

Etkin ve tepe değerler arasında aşağıdaki ilişkiler vardır:

$$V_m = \sqrt{2} \cdot V = 1,414 \cdot V \text{ (Volt)} \quad I_m = \sqrt{2} \cdot I = 1,414 \cdot I \text{ (Amper)}$$

$$V = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot V \text{ (Volt)} \quad I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot I_m \text{ (Amper)}$$

AC devrelerde ampermetre ve voltmetre etkin akım ve gerilimi ölçer.

8. KONDANSATÖR

İki iletken levha arasına bir yalıtkan madde konmasıyla elde edilen elemana kondansatör (sığaç) adı verilir. Yalıtkan maddeye "dielektrik madde" adı verilir. Burada yalıtkan olarak hava da kullanılabilir. Kapasite değeri iletken levhaların büyüklüğüne, levhaların birbirine olan uzaklıklarına ve dielektrik maddenin cinsine göre değişir. Kondansatörler DC akımı geçirmez zorluk gösterirler. AC akımı ise geçirir kolaylık gösterirler. Kondansatör, elektrik yükü depo eden devre elemanıdır ve kapasitif reaktans sağlamaktadır. Alternatif akım (AC) ve doğru akım (DC) devrelerinde gerilim depolamada, güç katsayısı yükselmek için (daha çok fabrikalarda motorların çok olduğu yerlerde), rezonans halinde ve süzgeç devrelerinde (adaptör ve güç kaynaklarında tam DC elde etmek için) kullanılır.

Kondansatörün kapasitesi (sığası) C harfi ile sembolize edilir, birimi Farad'dır. Sığa, iletkenin depolayabileceği yük miktarına bağlı elektriksel potansiyel enerjisinin bir ölçüsüdür. Kısaca enerji depolama kapasitesinin bir ölçüsüdür. Sığa birimi farad, büyük bir birim olduğu için genelde daha küçük değerleri kullanılır.

$$1 \text{ mikro farad } (\mu F) = 10^{-6} F$$

$$1 \text{ nano farad } (nF) = 10^{-9} F$$

$$1 \text{ piko farad } (pF) = 10^{-12} F$$

Daha büyük enerji depo edebilmek için kondansatörler seri veya paralel olarak bağlanırlar. Bu bağlantıların bir diğer amacı da istenen kapasiteyi elde edebilmektir.

- a) **Paralel Bağlantı:** Bu bağlantı biçiminde eşdeğer kapasite, kondansatörlerin kapasitelerinin toplamına eşittir. n tane kondansatörün paralel bağlanması halinde eşdeğer kapasite,
- $$C_e = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \text{ dir.}$$
- b) **Seri Bağlantı:** Bu bağlantı biçiminde eşdeğer kapasitenin tersi, kondansatörlerin kapasitelerinin terslerinin toplamına eşittir. n tane kondansatörün seri bağlanması halinde eşdeğer kapasite,

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \text{ dir.}$$

Doğru akımda kondansatör: Kondansatörün levhalarının arası yalıtkan olduğundan kondansatöre bir doğru gerilim uygulanırsa devreden akım geçmez. Bununla beraber levhalarda elektrik yüklerinin toplanması için kısa süreli bir akım geçer ve kondansatörün gerilimi kaynak elektromotor kuvvetine eşit olunca akım geçişi durur. Buna "kondansatörün dolması" denir.

Alternatif akımda kondansatör: Kondansatöre uygulanan alternatif gerilim, kondansatörden alternatif bir akım geçirmektedir. Kondansatörden geçen bu akım, kondansatör geriliminden 90° ileri fazdadır. Kondansatör alternatif gerilime bağlandığında yarım sayıkda akım bir yönde geçerken diğer yarım sayıkda ters yönde geçmektedir. Böylelikle kondansatör şarj, deşarj ve ters yönde yeniden şarj olmak suretiyle bir akım geçirmektedir. Sonuçta kondansatörden geçen akım şarj ve deşarj akımlarından başka birşey değildir.

Kondansatör direnç gibi alternatif akımın geçişine zorluk göstermektedir. Bu zorluğa "kapasitif reaktans" denir ve X_c sembolü ile gösterilir, birimi ohmdur.

9. BOBİN (SELF)

Bobinler, makara, madren veya karkas olarak adlandırılan yalıtkanlar üzerine (plastik, seramik, sert kağıt) spiral, helezon, düz, petek şeklinde sarılmış tellerden oluşan devre elemanıdır. Bobinin diğer adı "self" tir. Bobinlerin değerleri sıcaklıkla değişir; bu nedenle çok kararlı devrelerde kullanılmazlar.

Bobine alternatif elektrik akımı uygulandığında bobinin etrafında bir manyetik alan meydana gelir. Aynı şekilde bobinin çevresinde bir mıknatıs ileri geri hareket ettirildiğinde bobinde elektrik akımı meydana gelir. Bunun sebebi mıknatıstaki manyetik alanın bobin telindeki elektronları açığa çıkarmasıdır.

AC ve DC davranışı: Bobin doğru akıma karşı devreye enerji verildiği ilk anda nispeten büyük bir zorluk gösterir. Ancak kısa bir süre sonra bu zorluk telin direncinden ibaret olur. Bir bobin uçlarına alternatif akım uygulandığında ise durum böyle olmaz. Alternatif akım bobin uçlarında yönü ve şiddeti sürekli değişen bir manyetik alan oluşturur. Bu manyetik alan bobin üzerinden geçen akım yönüne ters yönde bir akım geçirmek ister. Bu nedenle bobin uçlarında akım aniden yükselmez. Buna telin endüktans etkisi ya da bobin endüktansı denir. Endüktans birimi Henry (H)'dir.

Bobin L harfi ile sembolize edilir, endüktans birimi "Henry" [H] dir.

1 H oldukça büyük bir değeri gösterdiğinden pratikte daha küçük değerleri kullanılır.

1 mili henry (mH) = 10^{-3} H

1 mikro henry (μ H) = 10^{-6} H

Kullanıldığı yerler: Doğru akımda bobinler, daha çok elektro mıknatıs olarak kullanılırlar. Makaraya sarılmış olan telden bir akım geçirildiği taktirde bobinin etrafında bir manyetik alan oluşur, bu manyetik alan, rölelerde yararlanır. Doğru akımda bobinlerden sadece elektro mıknatıs olarak yararlanılmaz. Bobinler bir çok devrede çeşitli şekillerde kullanılırlar. Mesela TV devreleri, besleme kaynakları, anten yükselteçleri, radyo devreleri gibi. Alternatif akımda ise bobinlerden çok çeşitli şekillerde yararlanır. AC yüksek gerilimi daha düşük gerilime çevirmek için kullandığımız transformatörler, büyük güçlü akımlar için yapılan kontaktör bobinleri, elektrik üretiminde kullandığımız mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren generatörler ve elektrik enerjisini mekanik enerjiye çevirmek için kullandığımız motorlarda bobinler kullanılır. Bu tip makinalarda bobinin kullanılmasının esası yine manyetik alana dayanır. Bir bobinin etrafındaki manyetik alan içinden bir tel geçirildiğinde bu tel de bir gerilim oluşur prensibi ile makinalarda manyetik alan kullanılır. Mesela transformatörlerde; primer ucuna verilen gerilim bu bobinde bir manyetik alan oluşturur. Elektriksel hiçbir bağlantısı olmayan sekonder ucunda ise bu manyetik alandan etkilenilerek daha düşük bir gerilim oluşur. Sekonder ucundaki bu gerilimin değeri giriş gerilimi ve sarım sayılarına bağlıdır.

Bobinlerin seri veya paralel bağlanması durumunda eşdeğer en düktans değeri aynen dirençlerdeki gibi hesaplanır.

10. ALTERNATİF AKIM DİRENÇLERİ

a) ETKİN DİRENÇ

Hem AC ve hem de DC devrelerde aynı etkiyi gösteren direnç **etkin direnç** olarak tanımlanır. Yani bir direnci önce DC devresine sonra da AC devresine bağlar ve devrelerde bulunan ölçü aletleri yardımıyla hesaplayarak direncin değerini her iki devrede de aynı buluyorsak bu direncin etkin direnç olduğunu söyleyebiliriz. Yalnızca etkin dirençlerin bulunduğu bir AC devresinde akım ve gerilim aynı fazdadır.

b) EMPEDANS

Demir göbekli bir bobini önce DC devresine sonra da AC devresine bağlıyoruz. Devrelerde bulunan ölçü aletleri yardımıyla hesaplayarak direncin değerini her iki devre için buluyoruz. Burada AC için hesaplanan değer DC için hesaplanandan daha büyük olduğu görülecektir. Demek ki alternatif akımda bobinin etkin direncine, doğru akımda görülmeyen gizli bir direnç eklenmekte ve toplam direnç değerini etkilemektedir. Alternatif akımda bu tip direnç "**empedans**" (görünen direnç) olarak tanımlanır. Empedans frekansa bağlı olarak değişebilen bir büyüklüktür ve etkin dirençle birlikte tepkin direnci (**reaktans**) de içerir.

c) REAKTANS

Reaktans (tepkin direnç), kondansatör ve bobin gibi elemanların AC gerilime karşı gösterdikleri dirençtir. Reaktans, saf omik direncin akım akışına karşı gösterdiği tepkiden daha farklıdır ve empedansın sanal kısmını oluşturur.

Reaktans, **endüktif** ve **kapasitif** reaktans (tepkin direnç) olarak ikiye ayrılır.

- **ENDÜKTİF TEPKİN DİRENÇ (ENDÜKTİF REAKTANS)**

Bir bobin üzerinde yukarıda anlatıldığı gibi yalnızca alternatif akımda oluşan gizli direnç endüktif reaktans olarak adlandırılır, birim Ω dur ve X_L ile sembolize edilir. Uygulamada bobin karakteristiği veren elemanlar endüktör olarak tanımlanır. Saf endüktörlerde alternatif akım uygulanan gerilimi 90° geriden izler.

Bir bobinin değeri ve ona uygulanan gerilimin frekansı ne kadar yüksek olursa bobinin endüktansı o kadar büyük olur.

$$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$X_L = \frac{U_L}{I_L}$$

X_L = Endüktif reaktans (Ω)

ω = Açısal frekans ($1/sn$)

C = Bobin değeri (Henry= H)

π = 3,14159... değerinde sabit sayı

f = Gerilimin frekansı (Hz)

U_L = Bobin çarındaki gerilim (V)

I_L = Bobinden geçen akım (A)

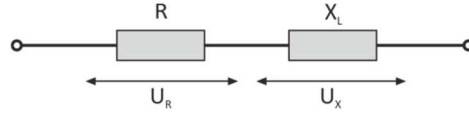
Örnek: Değeri 2 Henry olan bir bobine 50 Hz lik bir gerilim uygularsak endüktif reaktası ne olur?

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \times 3,14159 \times 50 \times 2 \cong 628 \Omega$$

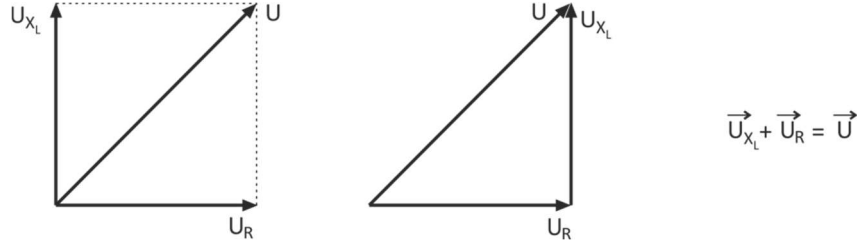
Örnek: Endüktif reaktası 200Ω olarak ölçülen bir bobinin değeri 1 Henry'dir. Bu bobine uygulanan gerilimin frekansını bulunuz.

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad f = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot L} = \frac{200}{2 \times 3,14159 \times 1} = 32 \text{ Hz}$$

Uygulamada bobinler iletken telleri sararak elde edildiğinden ve iletken telin de omik direnci (etkin direnci) olduğundan, bu etkin direnç daima bobinin endüktif reaktansına eklenir. Bu nedenle bobinin akımı ve gerilimi arasındaki faz farkı gerçekte 90° 'den biraz daha küçüktür. Bu etkin direnci de belirtmek için endüktörler aşağıdaki gibi bir "eşdeğer devre" ile gösterilir.

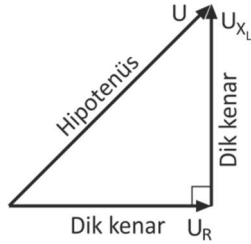


Bu tip devrelerde etkin direnç (R) ve tepkin direnç (X_L) üzerine düşen gerilimler birbirlerine göre faz farklı olacaklarından gerilim değerlerinin cebirsel olarak toplanması yanlış sonuç verecektir. Bu nedenle alternatif büyüklükler vektörel olarak toplanır ve vektör diyagramı ile gösterilir. Vektörler, belli bir büyüklüğü ve yönü olan çizgilerdir. İki vektörün vektörel olarak toplanması aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi üçüncü bir vektöre eşittir.



Burada etkin ve tepkin değerler ölçekli olarak çizilirse onların vektörel toplamı olan U gerilimi de aynı ölçekle okunur.

Etkin ve tepkin değerler daima birbirlerine diktirler. Bu nedenle gerilim üçgeni daima bir dik üçgendir. Bir dik üçgenin özelliklerinden yararlanarak alternatif gerilimleri hesap yoluyla bulabiliriz.



Dik üçgende Pisagor teoremine göre dik kenarların karelerinin toplamı hipotenüsün karesine eşittir. Bu nedenle **gerilim üçgeninde**;

$$U^2 = U_R^2 + U_{X_L}^2 \quad \rightarrow \quad U = \sqrt{U_R^2 + U_{X_L}^2} \text{ dir.}$$

Örnek: Bir devrede etkin direnç $R=200 \, \Omega$ ve endüktif reaktans $X_L=150 \, \Omega$ dur. Devreden geçen akım $I=0,5 \, A$ olup frekansı $f=25 \, Hz$ dir. Seri devrenin alternatif gerilimini hesaplayınız.

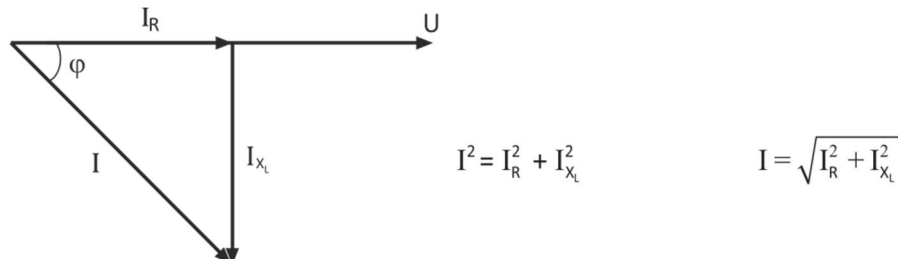
$$U_R = I \cdot R = 0,5 \times 100 = 50 \text{ Volt}$$

$$U_{X_L} = I \cdot X_L = 0,5 \times 150 = 75 \text{ Volt}$$

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_{X_L}^2} = \sqrt{(50)^2 + (75)^2} = \sqrt{2500 + 5625} = \sqrt{8125} \cong 90 \text{ Volt}$$

Etkin bir direnç ile bir endüktansın paralel bağlanarak oluşturulduğu devreye gerilim uygulanırsa toplam devre akımı 2 kola ayrılır. Toplam akım ile kol akımları arasındaki ilişki akım üçgeni üzerinde gösterilir. Etkin direnç üzerinden akan I_R akımı ile uygulanan U gerilimi aynı fazdadır. Buna karşın endüktör üzerinden akan I_{X_L} akımı, I_R akımını 90° geriden takip eder. Devrenin toplam akımı bu iki akımın vektörel toplamı ile bulunur.

Etkin dirençli ve endüktanslı bir paralel devrenin **akım üçgeni** aşağıdaki gibidir:



Örnek: Etkin direnci $R=150 \Omega$ ve endüktif reaktansı $X_L=250 \Omega$ olan bir paralel devreye 50 Hz ve 240V alternatif gerilim uygulanmıştır. Toplam akımı bulunuz.

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{240}{150} = 1,6A \quad I_{X_L} = \frac{U}{X_L} = \frac{240}{250} = 0,96A$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_{X_L}^2} = \sqrt{(1,6)^2 + (0,96)^2} = \sqrt{2,56 + 0,9216} = \sqrt{3,4816} \cong 1,865A$$

• **KAPASİTİF TEPKİN DİRENÇ (KAPASİTİF REAKTANS)**

Bir kondansatörün frekansa bağlı olarak alternatif akıma karşı gösterdiği dirence kapasitif reaktans denir. X_C ile gösterilir ve birimi Ω dur.

Bir kondansatörün değeri ve ona uygulanan gerilimin frekansı ne kadar yüksek olursa kondansatörün kapasitif reaktansı o kadar küçük olur.

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

$$X_C = \frac{U_C}{I_C}$$

X_C = Kapasitif reaktans (Ω)

ω = Açısal frekans (1/sn)

C = Kondansatör değeri (Farad=F)

π = 3,14159... değerinde sabit sayı

f = Gerilimin frekansı (Hz)

U_C = Kondansatörün uçlarındaki gerilim (V)

I_C = Kondansatörden geçen akım (A)

Örnek: Değeri 2 Farad olan bir kondansatöre 50 Hz lik bir gerilim uygularsak kapasitif reaktansı ne olur?

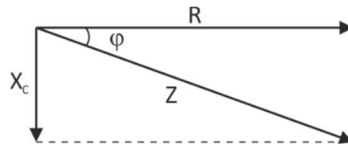
$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \times 3,14159 \times 50 \times 2} = \frac{1}{628,3} \cong 0,0016 \Omega$$

Örnek: Reaktansı 2Ω olarak ölçülen bir kondansatörün değeri 1 Farad'dır. Bu kondansatöre uygulanan gerilimin frekansını bulunuz.

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \rightarrow f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C \cdot X_C} = \frac{1}{2 \times 3,14159 \times 1 \times 2} = \frac{1}{12,56} \cong 0,08 F$$

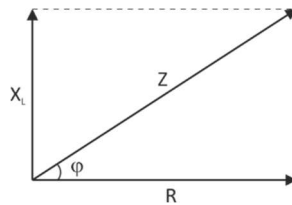
Devrenin direnç-kondansatör veya direnç-bobin ya da direnç-bobin-kondansatör içermesi durumlarına göre empedans hesaplaması aşağıdaki formüllere göre yapılır:

a) RC devre



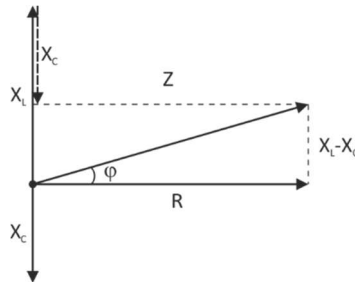
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

b) RL devre



$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

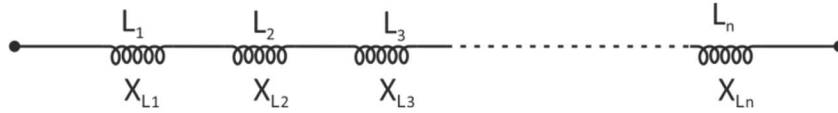
c) RLC devre



$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

• **REAKTANSLARIN BAĞLANTILARI**

a) **ENDÜKTİF REAKTANSLARIN SERİ BAĞLANMASI**

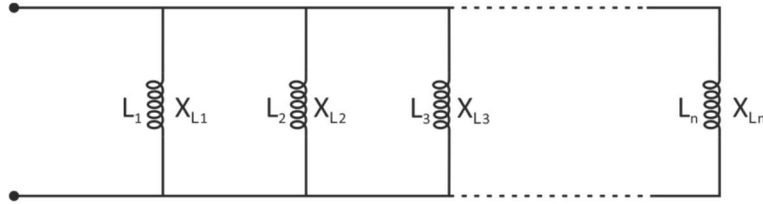


Bobinlerin seri bağlanması durumunda;

i) Eşdeğer bobin endüktansı $\rightarrow L_e = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$

ii) Eşdeğer endüktif reaktans $\rightarrow X_{Le} = X_{L1} + X_{L2} + X_{L3} + \dots + X_{Ln}$

b) **ENDÜKTİF REAKTANSLARIN PARALEL BAĞLANMASI**

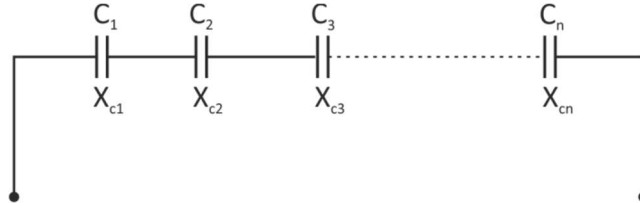


Bobinlerin paralel bağlanması durumunda;

i) Eşdeğer bobin endüktansı $\rightarrow \frac{1}{L_e} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}$

ii) Eşdeğer endüktif reaktans $\rightarrow \frac{1}{X_{Le}} = \frac{1}{X_{L1}} + \frac{1}{X_{L2}} + \frac{1}{X_{L3}} + \dots + \frac{1}{X_{Ln}}$

c) **KAPASİTİF REAKTANSLARIN SERİ BAĞLANMASI**

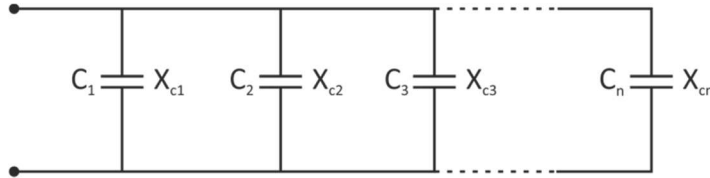


Kondansatörlerin seri bağlanması durumunda;

i) Eşdeğer kapasite $\rightarrow \frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$

ii) Eşdeğer kapasitif reaktans $\rightarrow X_{Ce} = X_{c1} + X_{c2} + X_{c3} + \dots + X_{cn}$

d) **KAPASİTİF REAKTANSLARIN PARALEL BAĞLANMASI**



Kondansatörlerin paralel bağlanması durumunda;

i) Eşdeğer kapasite $\rightarrow C_e = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$

ii) Eşdeğer kapasitif reaktans $\rightarrow \frac{1}{X_{Ce}} = \frac{1}{X_{c1}} + \frac{1}{X_{c2}} + \frac{1}{X_{c3}} + \dots + \frac{1}{X_{cn}}$

11. ALTERNATİF AKIMDA GÜÇ

Alternatif akım devresindeki bir etkin direnç üzerindeki gerilim ve akım aynı fazda oldukları ve aynı zamanda pozitif, aynı zamanda negatif olduklarından ikisinin çarpımı her zaman için pozitif olacaktır.

Alternatif akımda 3 çeşit güç vardır.

- 1) **Görünen güç:** Zahiri güç de denir. Akım ve gerilimin çarpımıyla bulunur. S harfi ile sembolize edilir, birimi VA (Volt Amper)dir. Aktif güç ve reaktif güç olmak üzere iki bileşeni vardır.

$$S = U \cdot I$$

S : Görünen (zahiri) güç (VA)

U : Gerilim (Volt)

I : Akım (Amper)

- 2) **Aktif güç:** Etkin güç ve faydalı güç de denir. İş yapan güçtür. P harfi ile sembolize edilir, birimi "Watt"dır.

$$P = S \cdot \cos\phi$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos\phi$$

P : Aktif (etkin) güç (Watt)

U : Gerilim (Volt)

I : Akım (Amper)

$\cos\phi$: Güç faktörü (katsayısı)-Aktif güç çarpanı

- 3) **Reaktif güç:** Tepkin güç ve kör güç de denir. İş yapmayan güçtür. Q harfi ile sembolize edilir, birimi "Volt Amper Reaktif"(var)dir.

$$Q = S \cdot \sin\phi$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\phi$$

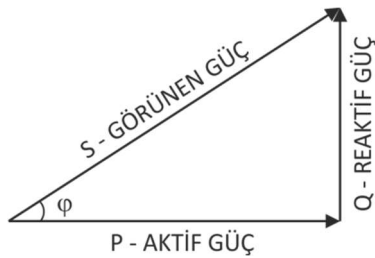
Q : Reaktif (tepkin) güç (var)

U : Gerilim (Volt)

I : Akım (Amper)

$\sin\phi$: Reaktif güç çarpanı

GÜÇ ÜÇGENİ VE BAĞLANTILAR



$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$P = S \cdot \cos\phi \quad \text{Aktif Güç}$$

$$Q = S \cdot \sin\phi \quad \text{Reaktif Güç}$$

$$\cos\phi = \frac{P}{S} \quad \text{Güç Faktörü}$$

$$\cos^2\phi + \sin^2\phi = 1$$

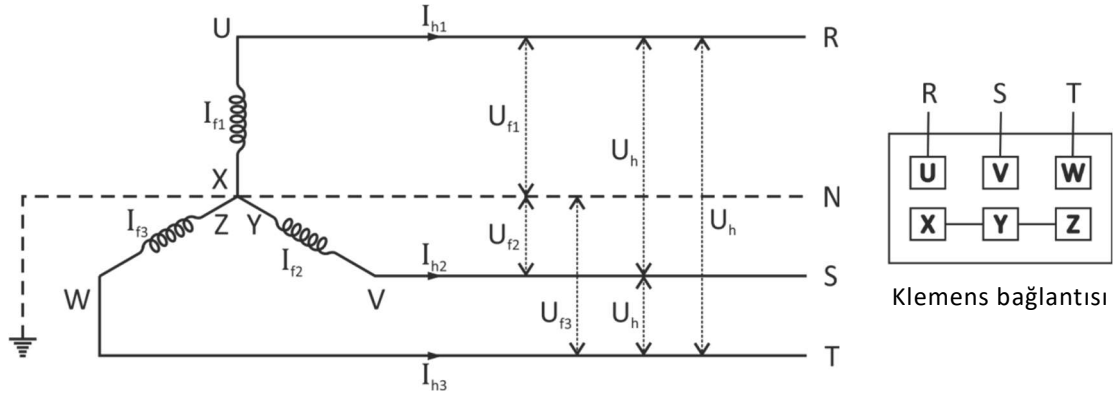
12. ÜÇ FAZLI SİSTEMLER

Alçak gerilim dağıtım şebekeleri genellikle 50 veya seyrek olarak da 60 Hz frekanslı 3 fazlı alternatif akım sistemleriyle oluşturulur. Bu sistemlerde hatlar; 3 adet faz iletkeninden veya 3 adet faz ile birlikte bir de nötr iletkeninden oluşur. Alternatif akımla beslenen alçak gerilim şebekelerinde iki ayrı hat sistemi kullanılır:

- Yıldız bağlı hat sistemleri
- Üçgen bağlı hat sistemleri

a) Yıldız bağlı hat sistemleri

Üç fazlı alternatörlerin çoğunda üç faza ait sargılar birbirleri ile yıldız olarak bağlanmışlardır. Bu bağlantıda bobinler veya faz sargıları, kendilerinde endüklenen gerilimler arasında 120° lik faz farkı olacak şekilde stator oluklarına yerleştirilirler. Bu sargıların başlangıç uçları doğrudan dışarıya çıkartılır ve birbirlerine bağlanırlar. Bu bağlantı noktası şebekenin tipine göre topraklanır veya yalıtılır. U-X, V-Y ve W-Z sargılarına ait X-Y-Z uçlarının birleştirildiği noktaya "Yıldız" veya "Nötür" noktası denir. Bu noktadan çıkarılan hatta da "Nötür hattı" denir.



Yıldız bağlı hat sistemlerinde iki farklı gerilim mevcuttur. Bunlardan herhangi iki faz arasındaki gerilime “Fazlararası gerilim” adı verilir ve “ U_h ” ile gösterilir. Fazlardan herhangi birisi ile nötr arasındaki gerilime de “Faz-Nötr gerilimi” denir ve “ U_f ” ile gösterilir.

Yıldız bağlı hat sistemlerinde her faz için I_h ve I_f akımları birbirlerine eşittir. Dengeli yüklenmiş yani yükün fazlar üzerine eşit olarak dağıtıldığı hatlarda nötr hattından akım akmaz. Bu durumda bütün sargı ve hat akımları eşit olur.

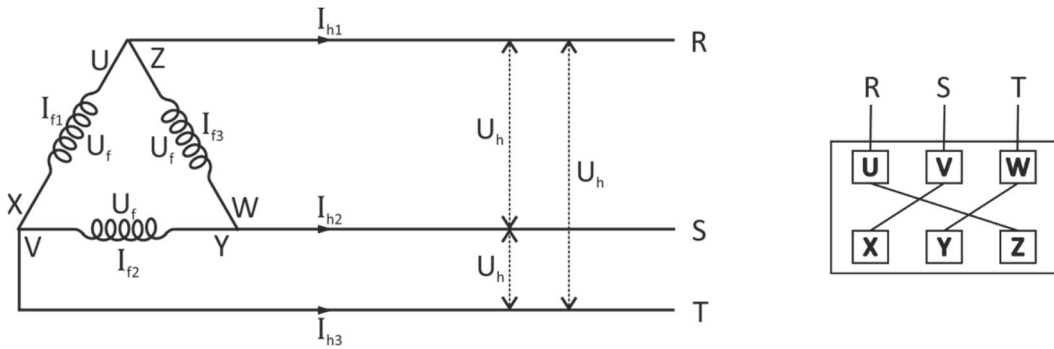
Bu sistemde fazlar arası gerilim, faz-nötr geriliminin $\sqrt{3}$ katıdır. Yani; $U_h = \sqrt{3} \cdot U_f$ dir. Kıbtek dağıtım şebekesini gözönüne alırsak, şebekede faz-nötr gerilimi yani $U_f = 240V$ olduğuna göre fazlar arası gerilim değeri yani $U_h = \sqrt{3} \cdot U_f = \sqrt{3} \times 240 = 415V$ olur.

Yıldız bağlı hat sisteminde her bir sargı ayrı ayrı düşünülebilir. Her sargının görünen gücü $S_f = U_f \cdot I_f$ dir. Üç sargının toplam görünen gücü ise $S = 3 \cdot U_f \cdot I_f$ dir.

$U_f = \frac{U_h}{\sqrt{3}}$ ve $I_h = I_f$ olduğundan toplam görünen güç $S = \sqrt{3} \cdot U_h \cdot I_h$ formülü ile de hesaplanabilir.

b) Üçgen bağlı hat sistemleri

Üç fazlı bir alternatörde statora sarılan üç sargıya, üçgen adı verilen diğer bir bağlantı şekli uygulanabilir. Birinci sargının çıkış ucu ikinci sargının giriş ucuna, ikinci sargının çıkış ucu üçüncü sargının giriş ucuna ve üçüncü sargının çıkış ucu birinci sargının giriş ucuna bağlanarak üçgen bağlantı oluşturulur. Bağlantı noktalarından çıkartılan uçlar R, S ve T fazlarıdır. Bu sistemlerde nötr hattı yoktur.



Yıldız bağlı hat sisteminde sargı gerilimi fazlararası gerilime eşit yani $U_f = U_h$ dir. Burada $I_h = \sqrt{3} \cdot I_f$ dir.

Bu hat sisteminde de her bir sargı ayrı ayrı düşünülebilir. Her sargının görünen gücü $S_f = U_f \cdot I_f$ dir. Üç sargının toplam görünen gücü ise $S = 3 \cdot U_f \cdot I_f$ dir.

$I_f = \frac{I_h}{\sqrt{3}}$ ve $U_h = U_f$ olduğundan toplam görünen güç $S = \sqrt{3} \cdot U_h \cdot I_h$ formülü ile de hesaplanabilir.

13. KOMPANZASYON

Direnç bazlı devrelerde sıfır olan faz farkı, kapasitif devrelerde akımın fazı gerilimden ilerde olacak şekilde, endüktif devrelerde ise akım geride olacak şekilde değişir. Faz farkının oluşması, reaktif güç oluşması demektir. Bir sistemin görünür gücü değişmez, ancak faz farkına bağlı olarak görünür gücün bileşenleri olan aktif ve reaktif güç değişir. Saf dirençli devrede faz farkı olmaz, reaktif güç yoktur, aktif güç görünür güce eşittir ve maksimum iş verimi alınır. Ancak endüktif ve kapasitif devrelerde faz farkına göre reaktif güç oluşur. Bu da işe çevrilebilen aktif gücün azalmasına ve dolayısıyla verimin düşmesine ve kullanılmayan bir reaktif güç oluşumuna neden olur. İşte aktif gücün maksimum hale getirilip, güç faktörünün düzeltilmesi ve verimin en büyük halini alması işlemine **kompanzasyon** denir. Kompanzasyon şebekeden çekilen reaktif gücü düşürmek, elektrik kayıplarını önlemek için yapılır. Reaktif güçler kompanze edilmediğinde dağıtım ve üretim sistemlerinin kapasitesi azalır, gerilim düşümü artar. Esas olan reaktif yüklerin olduğu noktada kompanzasyonun yapılmasıdır.

Güç ile ilgili formülleri hatırlayalım.

Tek fazlı sistemler için:

$$S = UI$$

$$P = U.I.\cos\varphi$$

$$Q = U.I.\sin\varphi$$

Üç fazlı sistemler için:

$$S = \sqrt{3}.U.I$$

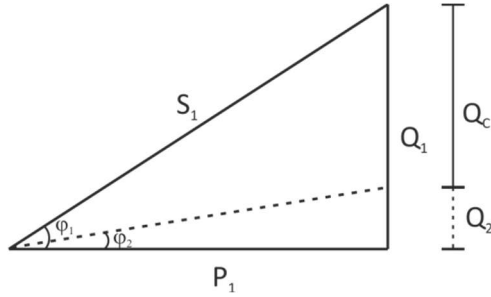
$$P = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi$$

$$Q = \sqrt{3}.U.I.\sin\varphi$$

[U= fazlararası gerilimdir.]

Kompanzasyonda esas amaç aktif gücü maksimum yapmaktır. $P = U.I.\cos\varphi$ formülünde gerilim ve akım sabit olduğuna göre $\cos\varphi$ nin değerini maksimum yapmak gerekir. $\cos\varphi$ en az 0 en çok 1 olabilir. Öyleyse amaç $\cos\varphi=1$ yapmak olmalıdır. $\cos 90=0$ ve $\cos 0=1$ olduğuna göre φ açısı sıfır olursa aktif güç (P) en yüksek değerine ulaşır ve $S=P$ olur. Üç fazlı sistemler için $P = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi$ formülü için de durum aynıdır. $\cos\varphi=1$ olduğu zaman $\sin\varphi=0$ ve dolayısıyla reaktif güç sıfır olacaktır. Aktif gücü maksimum yapmanın yolu reaktif gücü sıfırlamaktan geçer.

Motorlarda, trafolarla $\cos\varphi<1$ olduğundan bu tür motorları olan fabrikaları besleyen elektrik hatlarındaki gerilim düşümlerini ve kayıpları azaltmak için devrelere uygun kapasitelerde kondansatörler bağlanır. Bu olaya kısaca "kompanzasyon" denir.



φ_1 = Kompanzasyon yapılmadan önceki açı

φ_2 = Kompanzasyon yapıldıktan sonraki açı

$$Q_1 = P_1 \cdot \tan\varphi_1 \text{ (Kompanzasyon öncesi reaktif güç)}$$

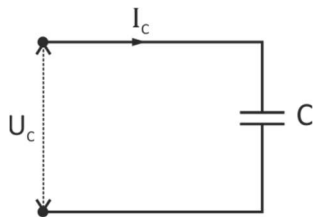
$$Q_2 = P_1 \cdot \tan\varphi_2 \text{ (Kompanzasyon sonrası reaktif güç)}$$

$$Q_1 = Q_c + Q_2$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \text{ (Kompanzasyon gücü)}$$

$$Q_c = P_1 \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$$

Piyasada kondansatör bataryaları genellikle V.a.r değerine göre bağlı olarak verilirler. V.a.r değeri belli olan bir kondansatör veya kondansatör bataryasının kapasitans değerini bulalım:



$$Q_c = U_c \cdot I_c ; I_c = \frac{U_c}{X_c} ; X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$Q_c = U_c^2 \cdot 2\pi \cdot f \cdot C$$

$$C = \frac{Q_c}{U_c^2 \cdot 2\pi \cdot f}$$

$$Q_c = \text{var}$$

$$C = \text{farad}$$

$$U_c = \text{Volt}$$

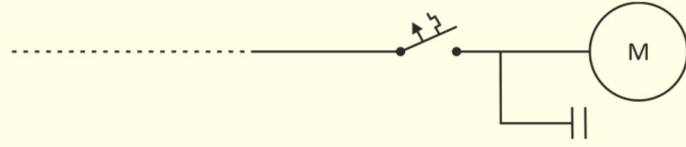
$$f = \text{Hz}$$

$$I_c = \text{Volt}$$

Kompanzasyon türleri: 3 türlü kompanzasyon yapılabilir.

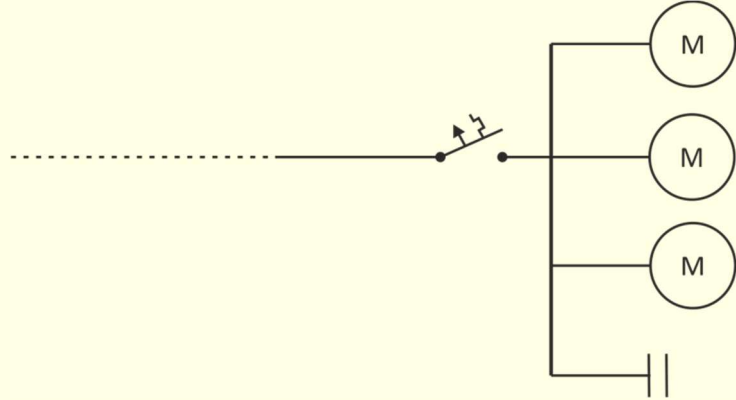
a) Tek tek kompanzasyon

Bu kompanzasyon türünde alıcılar tek tek kompanze edilirler. Bu türdeki avantaj, her alıcı kondansatörü ile birlikte devreye girip çıktığından kondansatör için ayrıca bir ayırıcı cihaza, sigortaya vs gerek yoktur.



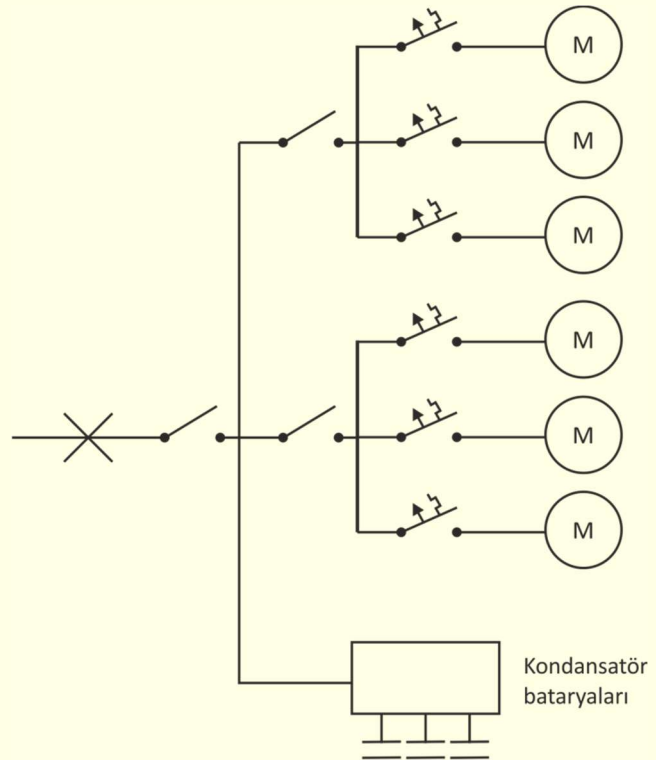
b) Grup kompanzasyon

Aynı şalter ve kontaktör üzerinden devreye girip çıkan motor, lamba ve trafolar birlikte kompanze edilebilirler.



c) Merkezi kompanzasyon

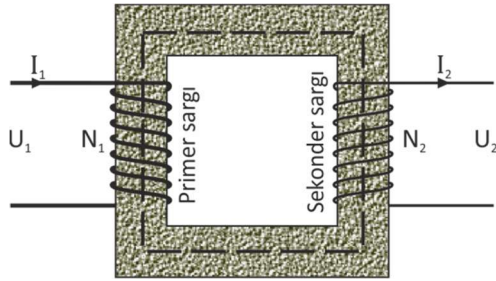
Sisteme bağlı çok sayıda motor veya endüktif yük çeken alıcı bulunuyor ve bunlar belirli-belirsiz zamanlarda devreye girip çıkıyorlarsa, çekilen yük durumuna göre ayarlı bir kompanzasyon sistemi kurulabilir. Elle (manual) veya otomatik olarak çalışma durumlarında $\cos\phi$ daima düzgün bir seviyede tutulmaya çalışılır. Kondansatör grupları, ayarlandığı şekilde gereken zamanlarda kontaktörler yardımıyla devreye alınırlar ve çıkartılırlar.



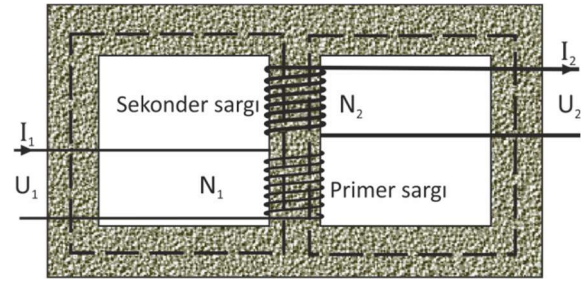
14. TRANSFORMATÖRLER

En basit tanımı ile transformatör (trafo), gerilimi yükselten veya düşüren bir düzendir. Piyasada yaygın olarak kullanılan tek fazlı ve üç fazlı çok çeşitleri vardır. Burada yalnızca çift sargılı trafolar ile üç fazlı motorların yol vericilerinde kullanılan oto trafolar anlatılacaktır.

Öncelikle tek fazlı, çift sargılı bir trafoyu inceleyelim.



CORE TYPE Transformatör



SHELL TYPE Transformatör

Boyanmış kısım saç nüveyi göstermektedir. Birinci tipte (core type) sargılar nüvenin iki bacağına sarılır. İkinci tipte iki sargı da transformatörün orta bacağına sarılır. Sargılardan biri **primer**, diğeri de **sekonder** olarak adlandırılır. Primer sargısına gerilim uygulandığında primer sargısından akan akım saç nüve içerisinde manyetik akının akmasına neden olur. Bu manyetik akı sekonder sargısını kestiği için bu sargı üzerinde endüksiyon yolu ile bir gerilim meydana gelir. Sekonder sargıda oluşacak gerilim, iki sargının siperleri (sarımların sayıları) ve primer sargısına uygulanan gerilime bağlı olarak tayin edilir. İdeal bir transformatör (güç kayıpları sıfır olan bir transformatör) için aşağıdaki ilişkiler yazılabilir.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

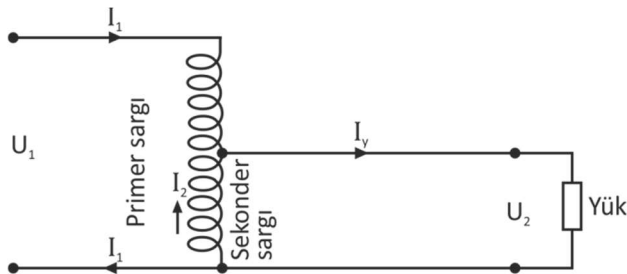
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

U_1 = Primere uygulanan gerilim
 N_1 = Primer sargısının siper sayısı
 I_1 = Primerden akan akım
 U_2 = Sekonder sargısında endüklenen gerilim
 N_2 = Sekonder sargısının siper sayısı
 I_2 = Sekonderden akan akım

Primerden akan akım $I_1 = \frac{\text{Transformatörün gücü}}{\text{Primer gerilimi}}$

Sekonderden akan akım $I_2 = \frac{\text{Transformatörün gücü}}{\text{Sekonder gerilimi}}$

Oto trafo, çift sargılı trafonun özel bir bağlantısıdır. Burada bir nüve bacağı üzerine sarılmış tek bir sargı vardır. Bu sargının belirli bir siperinden dışarıya uç çıktığını farzdersek aşağıdaki şekil ortaya çıkar:



Eğer sargıdan alınan uç primer sargısının tam orta noktasından (yani toplam siper sayısının yarısından) çıkıyor ise U_2 gerilimi çok basit olarak U_1 geriliminin yarısı olacaktır. Sekondere bir yük bağlanırsa yük üzerinden geçen akım $I_y = I_1 + I_2$ olacaktır.

Burada hatırlatılması gereken konu, sargının tek bir nüve üzerinde sarılmış olduğudur. Sekonder sargı endüklenmeden dolayı yük üzerine, kaynaktan çekilen akıma katkı yapacak şekilde akım sağlar. Bu basit prensip motorlara yol vermede başlangıç akımını sınırlamak için kullanılır. Gerektiğinde üç fazlı bir motora yol vermede başlangıç anında motora, yıldız bağlanmış 3 fazlı ototrafo üzerinden düşük gerilim uygulanır, motor yol aldıktan sonra motora çalışması gereken normal gerilim verilir.

15. ASENKRON MOTORLAR

Genel tanımı ile **elektrik motoru** kendisine uygulanan elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren aygıttır. Alternatif akım (AC) ve doğru akım (DC) motorları olarak ikiye ayrılırlar. Burada AC motorlar anlatılacaktır.

Alternatif akım motorları senkron motorlar ve asenkron motorlar (endüksiyon motorları) olarak iki grupta toplanabilirler. Bu motorların asenkron tipleri standart bir aygıt olmuştur. Senkron tipleriye, büyük güç gerektiren yerlerde kullanılabilir. Bütün bu motorların temel ilkesi, metalden yapılmış bir kütlenin, döner bir elektromanyetik alan yardımıyla sürüklenmesine dayanır.

Bu iki grup motorlar da da eksenli iki ana kısımdan oluşurlar: Bunların ilki olan **stator** sabit, ikincisi **rotor** ise hareketlidir. Senkron motorun statoru asenkron motorun statoruyla aynı şekilde ve aynı yapıdadır; birbirinden vernikle yalıtılmış manyetik saçlardan oluşan bir bilezik biçimindedir.

Endüstriyel tesislerde en fazla kullanılan motorlar asenkron motorlar olduğu için burada asenkron motorlar konusu ele alınacaktır. Bu motorların üç fazlı ve tek fazlı tipleri vardır.

Asenkron motorlar yapıları gereği **sincap kafesli** ve **bilezikli** motorlar olarak iki çeşitte değerlendirilirler. Bu motorlar arasındaki fark yapıları ve sarımlarıdır. Bir asenkron motor ister sincap kafesli ister bilezikli olsun **stator** ve **rotor** adı verilen iki ana kısımdan oluşur.

Stator motorun duran yani hereketsiz olan kısmıdır. Motorun gövdesi ve sarımların yerleştirildiği olukları içerir. Sarımlar yalıtımlı olarak bu oluklara yerleştirilir ve verniklendikten sonra bir fırında ısıtılarak stator kapatılır. Bir motorun statorundaki oluk sayısı motorun gücü (HP veya kW) ile ilgili olduğundan motordan motora değişir.

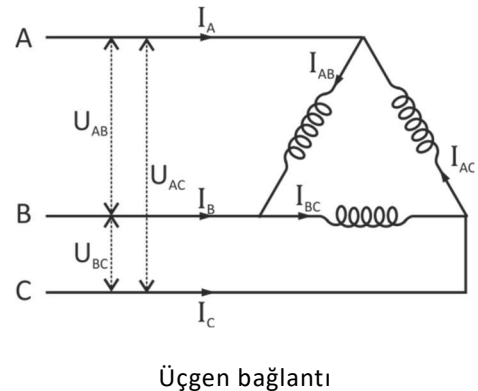
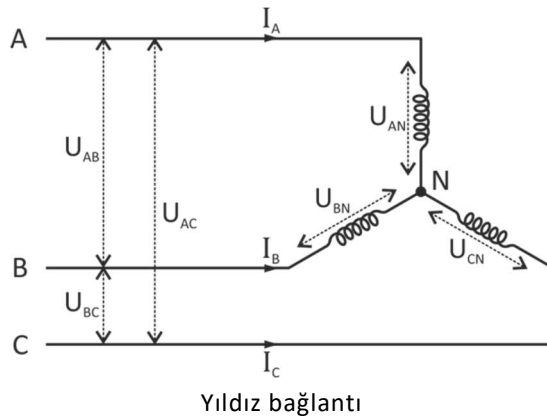
Rotor motorun hareket eden yani dönen kısmıdır. Sincap kafesli ve bilezikli motorlar arasındaki fark rotorlarının yapısındadır. Sincap kafesli motorun rotoru üzerinde sarım yoktur. Burada rotor, alüminyum veya bakır çubukların yalıtımlı olukların içerisine yerleştirildiği ve bu çubukların her iki tarafının kısa devre edildiği bir saç nüveden ibarettir.

Bilezikli motorlarda rotorun üzerinde statorda olduğu gibi oluklar vardır ve bu olukların içerisine bakır iletkenlerden oluşan sargılar yerleştirilir. Rotor sargısının çıkış uçları shaft üzerindeki bileziklere bağlanır. Sargılara akım bu bileziklere basan fırçalar yardımıyla sağlanır. Aynı motorun stator ve rotor sargılarının sarım oranı değişik olabilir fakat her iki sargının kutup sayısı aynı olmalıdır. Bilezikli asenkron motorlar yüksek dönme momenti (rotoru döndüren kuvvet) gerektiren yerlerde (madenlerde, taş ocaklarında, değirmenlerde vs.) kullanılırlar ve sincap kafesli motorlara göre daha pahalıdır.

A) ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTORLAR

Stator sargılarına üç faz gerilim uygulandığında sargıların üzerinden üç faz akım akacaktır. Rotor ve stator arasında, birbirlerine asla sürtünemeyecekleri şekilde çok dar bir haca boşluğu vardır. Stator sargılarından akan akımlar stator sargısı-hava boşluğu-rotor devresi üzerinden kapalı bir manyetik devre meydana getirir. Bunun sonucunda motor içerisinde döner bir manyetik alan oluşur. Bu döner manyetik alanın oluşturduğu dönme momenti rotorun dönmelerini sağlar. Bu dönme momenti motora yol verme anında ne kadar büyük olursa motorun normal hızına erişme süresi o kadar kısa olur. Yol verme anındaki dönme momentinin yüksek oluşu, stator ve rotor üzerindeki bakır kayıplarını azaltır. (Bakır kayıpları; stator sargısı ve rotor çubukları üzerinde ısıya dönüşerek harcanan güç kayıplarıdır.)

Üç fazlı motorların sargıları yıldız (star) veya üçgen (delta) olarak iki şekilde bağlanırlar.



Yıldız bağlantı şeklinde üç sargının birer uçları ortak bir noktada (N) birbirlerine bağlanır, diğer uçlar dışarıya (motor kapağına) çıkarılır. Üçgen bağlantıda ise birinci sargının çıkış ucu ikinci sargının giriş ucuna, ikinci sargının çıkış ucu üçüncü sargının giriş ucuna ve üçüncü sargının çıkış ucu da birinci sargının giriş ucuna bağlanır ve bu bağlantı noktalarından dışarıya uçlar çıkarılır. Böylelikle sargılardan birinin giriş ucu ve diğerinin çıkış ucu birlikte bağlanarak motor kapağına çıkartılmış oluyor.

Bu bağlantı şekillerine göre akımlar ve gerilimler arasında bazı tanımlara dayalı ilişkiler aşağıdaki gibidir:

Hat gerilimi: Motoru besleyen şebekenin iki iletkeni arasındaki gerilim değeridir. Gerek yıldız ve gerekse üçgen bağlantıda U_{AB} , U_{AC} , ve U_{BC} hat gerilimleridir. Demek ki bizim şebekemizde hat gerilimi 415 Volttur.

Hat akımı: Motorun sargılarına bağlanan hatlardan akan yani motorun şebekeden çektiği akımdır. Gerek yıldız ve gerekse üçgen bağlantıda I_A , I_B , ve I_C hat akımlarıdır.

Faz gerilimi: Motorun her faz sargısının üzerindeki gerilimdir. Faz gerilimleri üçgen bağlantıda U_{AB} , U_{AC} , ve U_{BC} iken yıldız bağlantıda U_{AN} , U_{BN} , ve U_{CN} gerilimleridir. Üçgen bağlantıda hat gerilimi faz gerilimine eşittir.

Faz akımı: Motorun faz sargıları üzerinden akan akımdır. Yıldız bağlantıda I_A , I_B , ve I_C hat akımları, faz akımları olarak aynen sargılar üzerinden de akmaktadır. Üçgen bağlantıda faz akımları I_{AB} , I_{BC} , ve I_{AC} dir.

Yıldız bağlantı ilişkileri	Üçgen bağlantı ilişkileri
Hat akımı = Faz akımı = $I_A = I_B = I_C$	Faz gerilimi = Hat gerilimi = 415V
Hat gerilimi = $U_{AB} = U_{BC} = U_{AC} = 415V$	Hat akımı = $I_A = I_B = I_C$
Faz gerilimi = $U_{AN} = U_{BN} = U_{CN}$	Faz akımı = $I_{AB} = I_{BC} = I_{AC} = \text{Hat akımı}/\sqrt{3}$
F. gerilimi = Hat gerilimi/ $\sqrt{3} = 415/\sqrt{3} = 240V$	

Senkron hız, asenkron hız ve kayma

Stator manyetik alanının dönme hızı **senkron hız** olarak tanımlanır. Senkron hız, motora uygulanan gerilimin frekansı ve stator sargısının kutup sayısı ile belirlenir. Stator sargısının kutup sayısı bir çift sayıdır.

$n_s = \frac{120.f}{p}$ formülü ile devir/dakika olarak senkron hızı verir. Burada f=frekans ve p=kutup sayısıdır.

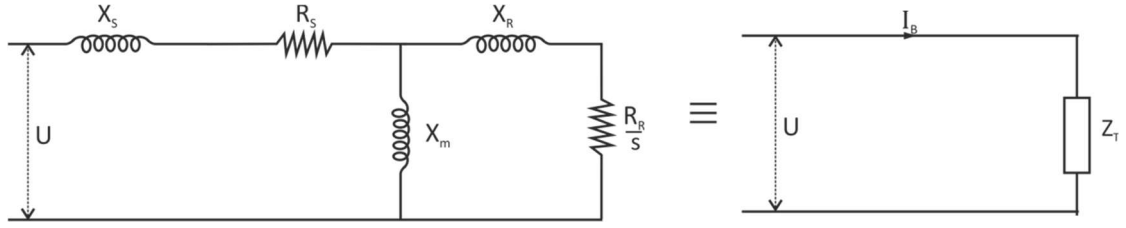
Rotorun hızı hiçbir zaman stator döner alanının hızına (senkron hız) ulaşamaz. Devamlı olarak senkron hızın biraz altında çalışır. Bu nedenle rotor hızına, senkron olmayan hız anlamına gelen **asenkron hız** da denir. Senkron hızla rotor hız arasındaki farka **relatif hız** denir. Kayma relatif hızın senkron hızla bölümüdür.

Yani $s = \frac{n_s - n_r}{n_s}$ dir. Burada n_s =senkron hız, n_r =rotor hızıdır.

Kayma faktöründe rotor hızı (n_r) eğer sıfır olursa kayma 1'e eşit olur. Bu şu demektir; rotor henüz dönmeden önce statora bir gerilim uyguluyorsunuz, o gerilimin oluşturduğu manyetik alan sayesinde rotorda bir gerilim indükleniyor birazdan rotor dönecek. Bu çalışma mantığı transformatör çalışmadır. Yani asenkron motorun statoruna gerilim uygulandığında rotor henüz dönmeden önce makine, uçları kısa devre edilmiş bir transformatör gibi çalışır.

Üç fazlı motorun elektrik devresi

Üç fazlı sistemlerin tümünün matematiksel analizi ve çözümü tek faz sisteme dönüştürülerek yapılır. Yani üç fazlı sistemlerde bir tek fazın devresini incelemek yeterlidir. Asenkron motorun tek faza indirgenmiş devresi aşağıdaki gibidir.



X_s = Stator sargısının reaktansı
 X_r = Rotor devresinin reaktansı
 R_s = Stator sargısının direnci
 R_r = Rotor devresinin direnci

X_m = Stator ve rotor devresi arasındaki elektriksel bağlantıyı sağlayan reaktans
 s = Kayma
 Z_T = Eşdeğer empedans

Yukarıdaki motor devresinin Z_T eşdeğer empedansı s (kayma) değerine göre değişir. Z_T nin s 'ye göre değişmesi ters bağıntılıdır. Yani s 'nin değeri büyük iken Z_T nin değeri küçüktür ve s küçüldükçe Z_T nin değeri artar. Z_T motorun yol alma anından normal dönme hızına erişinceye kadar geçen süre içerisinde çekeceği akımı etkiler.

Yol vermenin başlangıcında rotor henüz dönmeye başlamadığı için rotor hızı sıfır olduğundan kayma $s = \frac{n_s - n_r}{n_s} = \frac{n_s - 0}{n_s} = 1$ olacaktır. Bu değer kaymanın en büyük değeridir. Bu anda eşdeğer empedans Z_T

en küçük değerindedir. $I_B = \frac{U}{Z_T}$ olduğundan bu anda başlangıç akımı I_B en büyük değerinde olacaktır.

Motor normal devrine erişince s 'nin değeri küçüleceğinden Z_T nin değeri artacak, motorun çektiği akım da azalacaktır. Yapılan deneyler göstermiştir ki bir motorun yol alma anında çektiği akım, motor normal devrinde dönerken çektiği akımdan 4-8 kat fazladır.

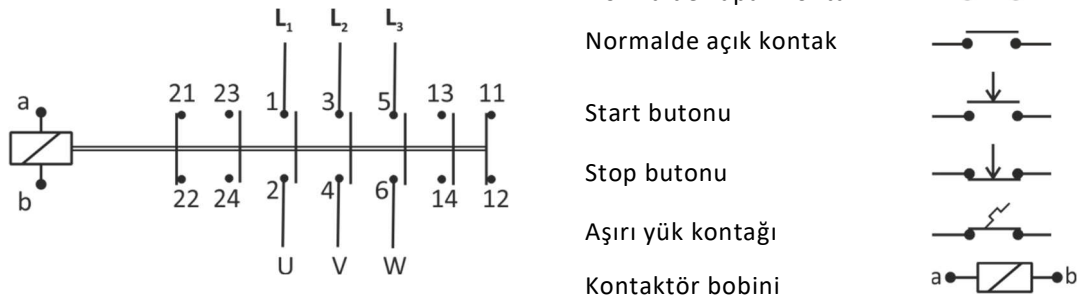
Motor kapağında stator sarımının giriş ve çıkış uçları Avrupa (European) ve İngiliz (British) standartlarına göre farklı harflerle sembolize edilirler. Avrupa standardında bu uçlar U, V, W, X, Y, Z olarak gösterilirken İngiliz standardında A_1 , B_1 , C_1 , A_2 , B_2 , C_2 sembolleri kullanılır. Eğer motor kapağı üzerinde X, Y, Z veya A_2 , B_2 , C_2 terminalleri kısa devre edilmiş ise stator sarımı yıldız (Y) olarak bağlanmış demektir.

Kontaktörler

Asenkron motorlara yol verilmesi konusuna geçilmeden yol vericilerde kullanılan kontrol elemanlarından birisi olan kontaktörlerin yapısının incelenmesi gerekir. Esas yapısı ile kontaktör, bir bobin ve bobinin göbeğine yerleştirilmiş bir elektromıknatıstan oluşur. Elektromıknatısın alt kısmı sabittir, üst kısmında ise küçük yaylar üzerinde hareketli iki kısım vardır. Bobine elektrik akımı verildiği zaman elektromıknatıs kapanır. Bu işlem sırasında bir takım kontaklar da kapanır veya açılır. Kontaktörün üzerinde **güç kontakları** ve **kontrol kontakları** olmak üzere iki türlü kontak vardır.

Güç kontakları, güç devresinin bağlandığı kontaklardır. Güç devresi şalterden yol vericiye, yol vericiden de motora elektrik akımını ileten kablolardır. Kontrol kontakları ise güç devresini kontrol etmek için yol verici üzerinde kontrol devresinin bağlandığı kontaklardır. Kontrol devresinin kabloları güç devresine kıyasla çok ince kablolardır, çünkü kontrol devresi, empedansı çok yüksek olduğundan oldukça küçük (mA cinsinden) akım çeker. Kontaktörün kontakları üzerindeki rakamlar ne tür kontak olduklarını belirtir.

a, b	Kontaktör bobini	11-12	Normalde kapalı kontaklar
1, 3, 5	Güç kontakları	21-22	Normalde kapalı kontaklar
2, 4, 6	Güç kontakları	12-14	Normalde açık kontaklar
95-96-98	Aşırı yük kontağı	23-24	Normalde açık kontaklar



Kontaktör normal durumda iken yani bobine gerilim uygulanmadığında kontaklar yukarıdaki şekilde gibidir. Bobine gerilim verildiğinde 1-2, 3-4 ve 5-6 no'lu güç kontakları ve 13-14, 23-24 no'lu normalde açık kontaklar kapanır, 11-12 ve 21-22 no'lu normalde kapalı kontaklar ise anında açılır. Bazı kontaktörlerin kontrol kontakları daha fazla veya daha az sayıda olabilir

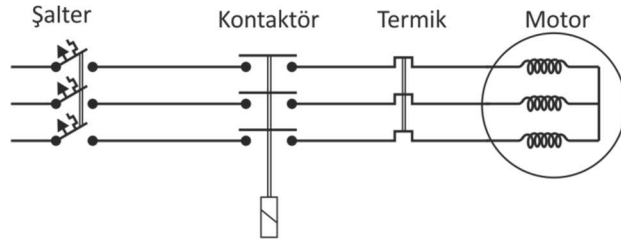
Üç fazlı asenkron motorlara yol verme yöntemleri

AC motorlar kendi yapısından dolayı devreye alınmaları sırasında nominal çalışma akımlarının 4-8 katı kadar akım çekerler. Bu durum zayıf şebekelerde ortak bağlantı noktasında gerilim düşümlerine ve baraya bağlı diğer yüklerde kesintilere yol açabilmektedir. Ayrıca yol alma sırasındaki bu aşırı akımlar motorlarda mekanik zorlanmalara ve sargılarda zararlara yol açabilmektedir. Kalkıştaki bu sıkıntıları en aza indirmek için aşağıdaki yol verme yöntemleri uygulanır.

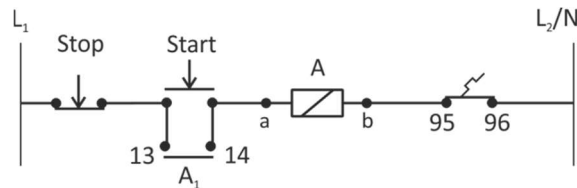
a) Direkt yol verme

Bu yol verme işlemi, motor terminallerinde gerilim veya akım kısıtlamasına gidilmeden yapılan bir yol verme işlemidir. KIBTEK kurallarına göre bu yöntem yalnızca 3HP den daha küçük güçteki motorlar için kullanılır.

Direkt yol vermenin güç devresi yandaki gibidir.



Direkt yol vermenin kontrol devresi yandaki gibidir.



Kullanılan kontaktörün bobin gerilimi 240V ise L₁-N (nötür), 415V ise L₁-L₂ bağlantısı yapılır. Kumanda devresinde görüldüğü gibi işin başında yalnızca start butonu ve 13-14 kontağı açıktır. Start butonuna basıldığında A bobini enerjilenir, kontaktörün güç kontakları ile birlikte 13-14 kontağı kapanır ve akımın sürekliliği sağlanır. Stop butonuna basıldığı an enerjisi kesilmiş olan kontaktör bobininin güç kontakları ve 13-14 kontağı açılır ve böylece motorun enerjisi de kesilmiş olur.

Motoru birkaç yerden kontrol etmek (çalıştırmak ve durdurmak) istenirse, start butonları paralel ve stop butonları seri olarak bağlanmak suretiyle bu istek sağlanabilir.

b) Düşük gerilimle yol verme

Bu yol verme yöntemi yüksüz veya çok az yüklü sistemlerde kullanılmalıdır. Tam yük altındaki kalkınan motora uygulanmaz. Çünkü motora düşük gerilim verildiğinde döndürme momenti de azalır. Yükü karşılayabilmek için motor şebekeden daha fazla akım çeker ve kalkınmaz. Bu yöntem motora nominal çalışma torkunun %50'sinden büyük değerlerde yol veremez.

b.1) Yıldız-üçgen yol verme

Bu yöntem üçgen bağlı olarak çalışması gereken 3-5,5HP arasında güce sahip motorlara uygulanır. Küçük güçlü motorlarda kalkış akımını düşürmede en ekonomik yöntemdir. Motorun üçgen çalışma gerilimi şebeke gerilimine eşitse rahatlıkla yıldız-üçgen yol verilebilir. Bu yöntemle yol verebilmek için motorun üçgen bağlı çalışma gerilimi şebeke gerilimine eşit olmalıdır. Örneğin, ülkemizde şebeke gerilimi 415 Volt olduğuna göre yıldız-üçgen yol verilecek motorun etiketinde $\Delta 415V$ veya $\Delta 415V/Y 718V$ yazılı olmalıdır. Motor yol alma anından normal devrini alıncaya kadar (kısa bir süre için) yıldız bağlı olarak çalıştırılır, böylelikle (yıldız çalıştığı sürece) motor sargısı üzerine 415V yerine 240V uygulanacak ve dolayısıyla akım düzeyi düşüş olacaktır. Motor normal devrine erişince sargılar üçgen olarak bağlanacaktır.

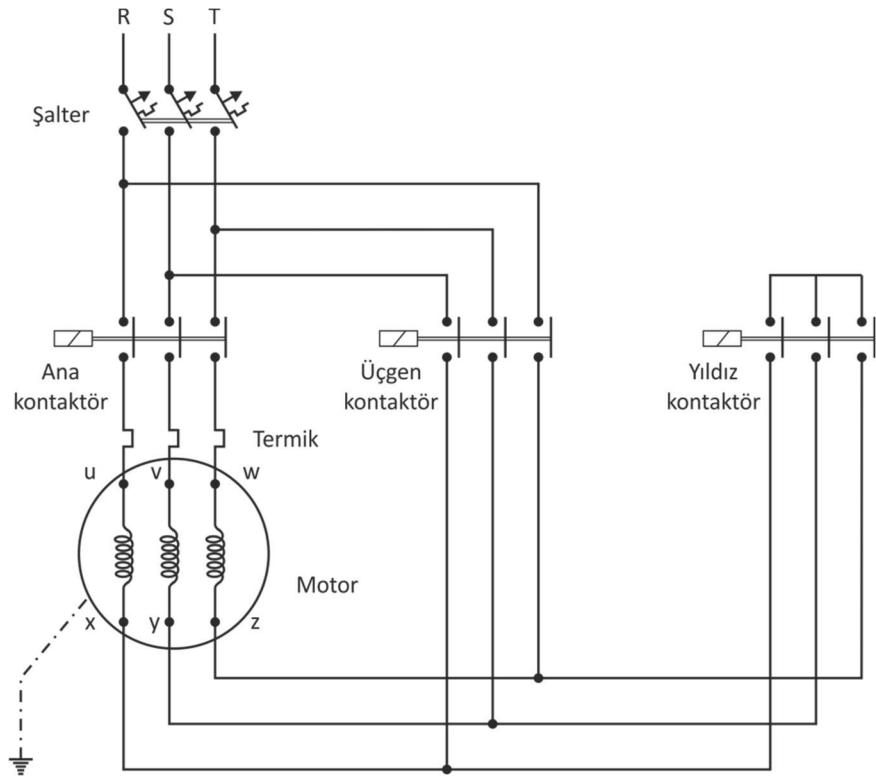
Motor, kalkış sırasında yıldız bağlı çalıştırıldığından, motor sargılarına uygulanan gerilim $U/\sqrt{3}$ değerine, motorun şebekeden çektiği akım ise $1/3$ değerine düşer.

Yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya geçme süresi oldukça önemlidir. Motor yüksüz iken kaldırıldığında devir sayısı anma devir sayısına kadar artış gösterir. Devir sayısı anma devrine yaklaştığında üçgen bağlantıya geçilir. Aksi halde devir sayısı anma devrine yaklaşılmadan geçilirse şebekeden yüksek akım çekilir. Genellikle güce göre değişiklik göstermekle birlikte en çok 10 saniyede geçiş işlemi tamamlanır.

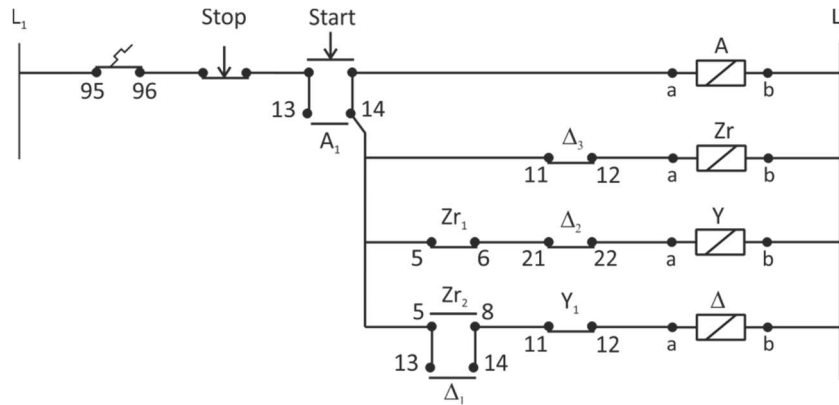
Motorların yıldız çalışma süresi genelde şu şekilde saptanır; motor yüksüz durumda üçgen bağlı olarak çalıştırılır. İlk anda yüksek akım çekecektir. Normal devrine ulaştıncaya bu akım normal çalışma akımına düşecektir. Motorun ilk çektiği yüksek akımdan normal çalışma akımına düşüncüye kadar geçen zaman motorun yıldız-üçgen yol vermedeki yıldız-üçgen çalışma süresidir. Bu süre bir ampermetre ve kronometre ile belirlenir.

Yıldız-üçgen yol vericiler bir termik röle, üç kontaktör ve bir zaman rölesinden oluşur. Üç kontaktörden birisi ana kontaktör, ikincisi yıldız kontaktör ve üçüncüsü de üçgen kontaktör olarak adlandırılır. Zaman rölesi motorun yıldız bağlı olarak çalışma süresini istenilen zamana ayarlayan elektrikle çalışan bir saattir.

Yıldız-üçgen yol vericinin güç devresi aşağıdaki gibidir.



Motorun güç devresinin bu şekilde çalışmasını otomatik olarak sağlayan kontrol devresi aşağıda gösterilmiştir.



Kontrol devresinin çalışma ilkesi şöyledir:

Start butonuna basıldığı an ana kontaktör A bobini gerilim alır, A₁ hemen kapanır, zaman rölesi Zr de 11-12 üzerinden devreye girer. Aynı anda yıldız kontaktör Y bobini de Δ₂ (21-22) ve Zr₁ üzerinden devreye girer. Sonuç olarak start butonuna basıldığında A, Zr ve Y'nin bobinleri çeker. Yalnızca üçgen kontaktör çekmez (Zr₂ ve Y₁ (11-12) açıktır). Zaman rölesinin ayarlandığı süreye gelince; Zr₁ (5-6) açılır, Zr₂ (5-8) kapanır, yıldız kontaktörün enerjisi kesildiği için Y₁ (11-12) kapanır ve üçgen kontaktörün bobinine devre tamamlanır. Üçgen kontaktör çekince Δ₁ (13-14) hemen kapanır, o sırada Δ₃ (11-12) açıldığı için zaman rölesinin enerjisi kesilmiş olur ve böylece Zr₂ (5-8) açılır, Zr₁ (5-6) kapanır. Üçgen kontaktör çektiğinde Δ₂ (21-22) yi de açtığı için yıldız kontaktörü yeniden enerjilenemez. Sonuç olarak ana kontaktör (A) ve üçgen kontaktör (Δ) devrede kalır.

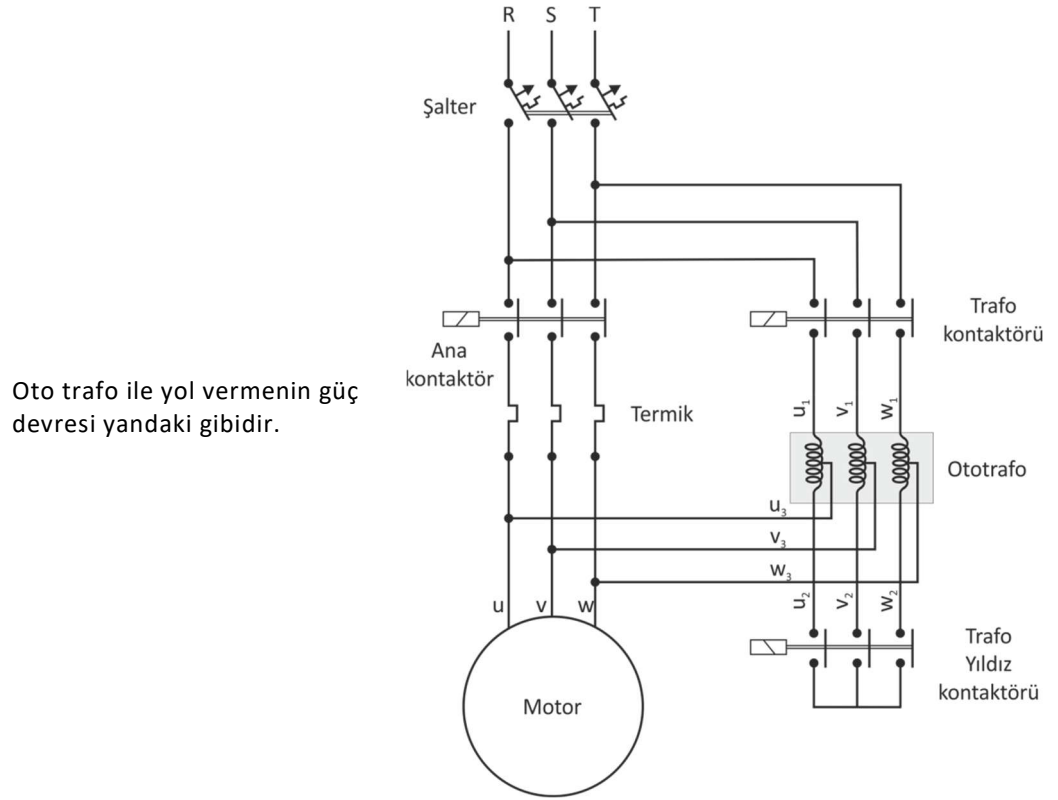
b.2) Oto trafo ile yol verme

Bu yöntemle motor yol alma anından normal devrine erişinceye kadar kısa bir süre oto trafo üzerinden genellikle %50 gerilimle beslenir, normal devire yakalaşılınca %100 gerilim verilerek çalışmaya devam edilir.

Yıldız-üçgen yol verme yönteminde yol alma akımı, motorun normal çalışma akımının (I_n) %33.3'ünden daha aşağıya düşürülemez. Hâlbuki oto trafo ile yol verme yönteminde yol alma akımı, normal çalışma akımının'ine kadar düşürülmektedir. Kademeli olarak sarılan oto trafonun sekonder ucundan alınan gerilim, motorun çalışma geriliminden daha küçük değerlere düşürülür. Böylece motora düşük gerilim uygulanmakta dolayısıyla motorun yol alma akımı da düşmektedir. Motor yol aldıktan sonra trafo devreden çıkarılır.

Direkt olarak yol verildiğinde normal çalışma akımının (yani I_n nominal akımının) yaklaşık 6 katı kadar yol alma akımı çeken üç fazlı bir asenkron motora yıldız-üçgen yol verme yöntemi ile yol verildiğinde yol olma akımı $2 \cdot I_n$ değerinde olur. Eğer bu motora oto trafo ile %50 düşük gerilim uygulayarak yol verilirse bu sefer yol alma akımı $1,5 \cdot I_n$ olur. Motorun çekeceği akım oto trafonun sekonder akımıdır. Şebekeden çekilen akım ise oto trafonun primer akımıdır. Oto trafo ile %50 düşük gerilim uyguladığımızda motor ilk kalkınmada $3 \cdot I_n$ akım çeker ki bu akım oto trafonun sekonder akımıdır. Oto trafonun faz sargılarının ortalarından alınan uçlarla motora %50 düşük gerilim uyguladığımızda göre, şebekeden oto trafonun çektiği akım sekonder akımının yarısı kadardır. Şebekeden çekilen akım, motorun nominal akımının 1,5 katı olur.

Oto trafoları pahalı olması nedeniyle pek ekonomik değildir. Ama büyük güçlü, yük altında çalışan motorlara iki kademeli oto trafolarıyla yol verilir.

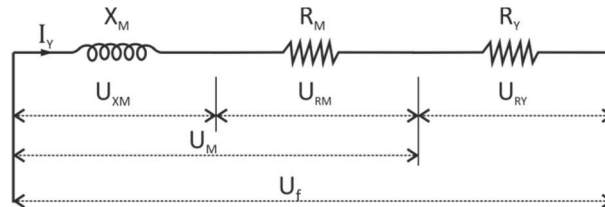


b.3) Stator devresine direnç veya endüktans (reaktör) ekleyerek yol verme

Dirençle veya reaktörle yol vermede temel ilke, şebeke geriliminin bir kısmını yol verme direncinde veya reaktöründe düşürmek ve geriye kalanını motora uygulamaktır. Asenkron motorun statoruna seri olarak üç eşit direnç bağlanır. Motora enerji verildiğinde, dirençler stator sargılarına seri olarak devreye girer. Motorun çektiği hat akımları bu dirençlerden geçer, ve dirençlerde gerilim düşümüne sebep olur. Böylece şebeke geriliminin bir kısmı dirençler üzerinde düştüğü için motora uygulanan gerilim azaldığından motor ilk kalkınmada aşırı akım çekmez. Seri dirençle asenkron motorun çalıştırılmasında dirençten geçen kalkınma akımı, direncin ısınmasına neden olur. Böylece büyük güçlü motorların her çalıştırılışında yol verme dirençlerinde ısı şeklinde enerji kaybolur. Bu yöntemle asenkron motorların çalıştırılması ekonomik değildir. Benzer şekilde direnç yerine seri reaktanslar (reaktörler) da kullanılabilir. Reaktörlerle yol verme yöntemi büyük güçlü ve yüksek gerilimli motorlarda enerji kayıplarını azaltmak için tercih edilir. Standart reaktans değerleri %50, %65 veya %80 gerilimler uygulanacak şekilde imal edilirler.

Yol Verme Direncinin Hesabı :

Kalkış esnasında önem kazanan yol verme direncinin değerini bulmak için matematiksel hesaplamalar vardır. Bu direncin hesabı şu şekilde yapılır:



$$U_f = \text{Faz gerilimi}$$

$$U_M = U_f \cdot k_a$$

$$U_{RM} = U_M \cdot \cos \varphi$$

(Başlangıçta $\cos \varphi$ çok küçüktür)

$$U_{XM} = U_M \cdot \sin \varphi$$

U_M = Motorun sargı uçlarında kalkış anındaki gerilim

U_{RM} = Motorun iç direnci R_M üzerindeki gerilim

U_{XM} = Motorun Bobini X_M üzerindeki gerilim

U_{RY} = Statora eklenen seri direnç R_Y üzerindeki gerilim

$$U_f^2 = U_M^2 + U_{XM}^2 = [U_{RM} + U_{RY}]^2 + U_{XM}^2$$

$$[U_{RM} + U_{RY}]^2 = U_f^2 - U_{XM}^2$$

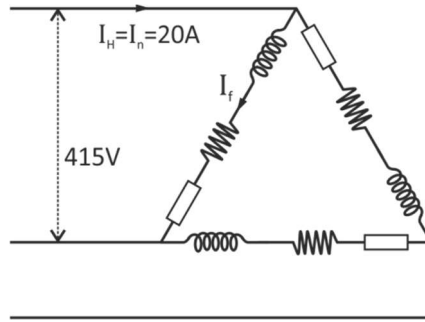
$$U_{RM} + U_{RY} = \sqrt{U_f^2 - U_{XM}^2}$$

I_{DY} = Direkt yol almada şebeke akımı
 I_{RY} = Dirençle yol almada şebeke akımı
 I_Y = Başlangıçta yol verme direnci üzerindeki akım
 $k_a = \frac{I_{RY}}{I_{DY}}$ Yol alma akımını düşürme katsayısı

$$U_{RY} = \sqrt{U_f^2 - U_{XM}^2} - U_{RM}$$

$$R_Y = \frac{U_{RY}}{I_Y}$$

Örnek: Etiketinde $\Delta 415V$, 20A yazılı 3 fazlı bir asenkron motor doğrudan yol aldığı anda nominal akımının 6 katı akım çekmektedir. Bu akım değerini nominal akımın 1,5 katına düşürecek yol verme direncinin değerini bulunuz. [$\cos\phi=0,2$ ve $\sin\phi=0,979$ olarak alınacaktır.]



$$I_{RY} = 1,5 \cdot I_n$$

$$k_a = \frac{I_{RY}}{I_{DY}} = \frac{1,5 \cdot I_n}{6 \cdot I_n} = 0,25$$

$$U_f = 415 \text{ Volt}$$

$$U_M = U_f \cdot k_a = 415 \times 0,25 = 103,75 \text{ V}$$

$$U_{RM} = U_M \cdot \cos\phi = 103,75 \times 0,2 = 20,75 \text{ V}$$

$$U_{XM} = U_M \cdot \sin\phi = 103,75 \times 0,979 = 101,57 \text{ V}$$

$$U_{RY} = \sqrt{U_f^2 - U_{XM}^2} - U_{RM} = \sqrt{415^2 - 101,57^2} - 20,75$$

$$U_{RY} = \sqrt{172225 - 10316,46} - 20,75$$

$$U_{RY} = \sqrt{161908,54} - 20,75$$

$$U_{RY} = 402,37 - 20,75 = 381,62 \text{ Volt}$$

$$I_f = I_n / \sqrt{3} = 20 / \sqrt{3}$$

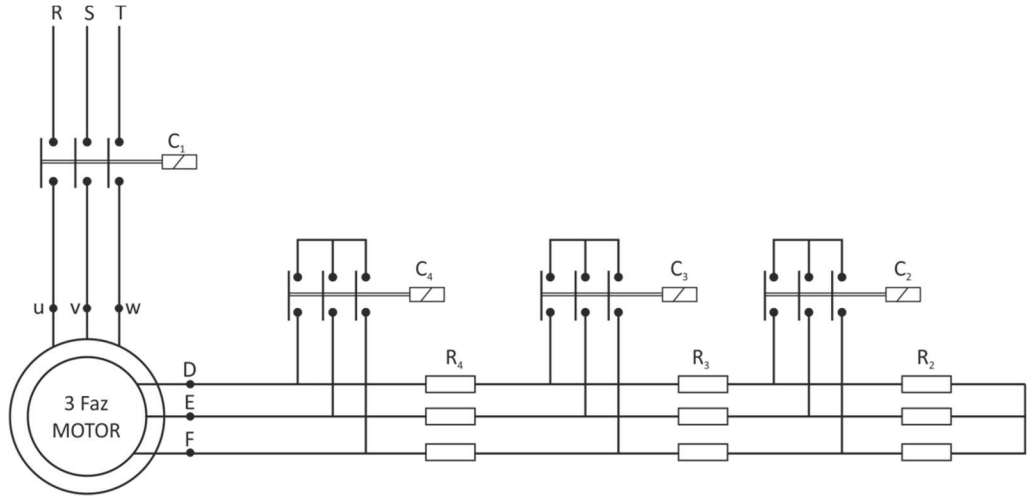
$$I_Y = 1,5 \cdot I_f = 1,5 \times 20 / \sqrt{3} = 17,3 \text{ A}$$

$$R_Y = \frac{U_{RY}}{I_Y} = \frac{381,62}{17,3} \cong 22 \Omega$$

b.4) Bilezikli motorlarda rotor devresine direnç ekleyerek yol verme

Bilezikli asenkron motor da denen rotorlu sargılı asenkron motorlar da sincap kafesli asenkron motorlarda olduğu gibi kalkınma anında aşırı akım çeker. Ancak rotorlu sargılı asenkron motorlarda rotor sargı direnci, yol verme anında devresine direnç eklenerek artırılırsa, kalkınma anında motordan maksimum döndürme momenti elde edilir. Bu nedenle rotorlu sargılı asenkron motorların yol alma karakteristikleri, sincap kafesli asenkron motorlara göre daha iyidir.

Yol verme anında rotor sargılarına direnç eklendiğinde motor, maksimum moment ve normal kalkınma akımı ile yol alır. Rotor devresine direnç eklenmemiş bir asenkron motor maksimum döndürme momentine senkron devrin %80'inde ulaşır. Eğer rotor sargı direnci %20 artırılırsa motorun ilk hareketinde maksimum döndürme momenti elde edilir. Bu nedenle rotor devresine yol verme sırasında bir veya birkaç kademe direnç eklenerek hem yol alma akımı azaltılmış olur hem de maksimum kalkınma momenti elde edilir. İlk anda rotor devresine, motorun gücüne uygun dirençler bağlanır. Motor yol aldıça dirençler kademe kademe devreden çıkartılır ve sonunda rotor sargı uçları kısa devre edilir.



Bu tip motorlar genelde yüksek ataletli ya da yüksek kalkış momenti gerektiren yüklerde kullanılmaktadır. Doğru bir direnç seçimi ile, motor düşük bir akımda en yüksek momenti elde edebilmekte ve yükü yumuşak ve kolayca kaldırabilmektedir. Rotoru sargılı sistemlerde yol vermede iki tip yol verici bulunmaktadır. Bunlardan biri kademeli direnç ile yol verme, diğeri ise kademesiz olarak yol vermedir.

Kademeli direnç ile yol vermede, statordakine benzer sargılar yerleştirilir. Bu sargılar üçgen veya yıldız bağlandıktan sonra sırayla çıkarılarak rotor miline yerleştirilen bileziklerle bağlanırsa, sargılı rotorlu endüksiyon motor elde edilir.

Kademeli yol vermede sulu yol vericiler de kullanılmaktadır. Yukarıdaki devre şemasındaki dirençlerin, su içerisinde elektrotlar ile yapılmasıyla meydana gelir. Sulu tip yol vermede akım su direncinden aktıkça elektrolit ısınır ve direnç otomatik olarak düşmeye başlar. Motor ve yük karakteristiğine göre, motora yol vermek için iki ya da üç kademe yeterlidir. Motor yol aldıktan sonra, kısa devre kontaktörü ile rotordaki bilezikler kısa devre edilir. Kademesiz yol vermede de sulu yol vericiler kullanılabilir. Uygulanan bu sistemde dirençler elektrot ve iletkenliği soda ile sağlanmış sudan oluşmaktadır. Elektrotlar bir motor yardımı ile hareket ettirilmektedir.

c) Mikro işlemcilerle yol verme

Bu yöntemlerle motorlara yol verme ilk kuruluşta pahalı olmasına rağmen; motorların vuruşu olmadan yumuşak kalkış yapmalarını ve motor devrini geniş sınırlar içinde ayarlamalarını sağladığından, son zamanlarda tercih edilen yöntemlerin başında gelmektedir. Yapısı ve çalışma prensibi mikro işlemci temeline dayanan bu elemanlar şebeke ile motor arasına bağlanır. Motorun nasıl çalışacağı mikro işlemciye girilir. Motor istenen şekilde çalışır. Motorlara yol vermede ve devir ayarında; statora uygulanan gerilimin etkin değerini ve frekansını değiştirebilmek için güç elektroniği elemanları kullanılır.

c.1) Yumuşak yol verici (Soft starter) ile yol verme

Bazı motorların yumuşak yol alması istenir. Soft starter olarak anılan bu cihazlarda, motora uygulanan gerilim ve motor akımı izlenilerek ayarlanır.

Mikroişlemci tabanlı kontrol sistemleri ile donatılmış yol vericiler motordaki (moment) tork akım ilişkisini zamana bağlı olarak yavaş yavaş ayarlaması nedeni ile motorun devreye girmesi ve devreden çıkması darbe yapmadan yumuşak olmaktadır. 550 kW güce kadar yapılabilen soft starterler; vuruşu olmayan, yumuşak kalkış ve duruş yapılması istenen pompalar, kompresörler, yürüyen merdivenler, asansörler gibi uygulamalarda kullanılabilmektedir.

Soft starter motor akımı ve gerilimini kontrol ederek motorun devreye girmesi sırasında şebeke gerilimini %30 değerinden itibaren %100'e kadar kontrollü bir şekilde motora tatbik eder. Aynı zamanda motorun devreden çıkması sırasında da %100 değerinden % 30 değerine kadar kontrol ederek devreden ayırır.

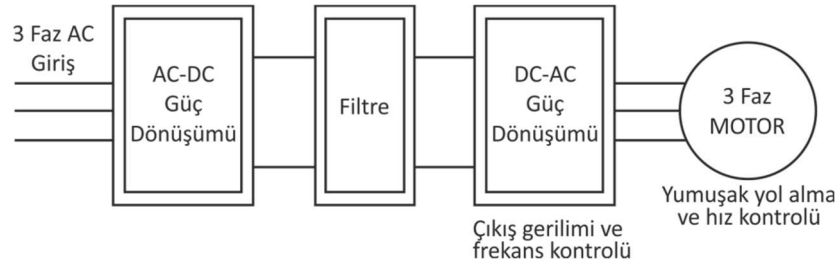
Motora uygulanan gerilim istenen değere göre düzeltilmesi, motorda frenleme yapılması, kalkış ve duruş süresi ayarları mümkündür. Softstarter kullanarak yol vermede, ek bir enerji kontaktörüne ihtiyaç yoktur. Sonuç olarak motor kalkış akımının düşürülmesi ve moment darbelerinin önlenmesi ile motor besleme kablosuna ve yüke binen zorlamalar azaltılmış olur. Böylece bakım masrafları azalır.

c.2) Sürücü (Frekans değiştirici) ile yol verme

Asenkron motorların kutup sayısı ve frekansı değiştiğinde hızı da değişir ($n=120.f/p$). Sürücüde denen mikro işlemci elektronik elemanlar ile asenkron motor statoruna uygulanan gerilim frekans oranı motorun çalışma şartlarına bağlı olarak değiştirilerek günümüze istenen devirse istenen moment elde edilmektedir.

Frekans değiştirici ile yol verme pompa ve fan uygulamalarının yanı sıra, taşıyıcı bantlar gibi sabit tork kullanım uygulamalarında da kullanılabilir. Frekansla birlikte uygulanan gerilimde değiştirilirse devrilme momenti sabit kalacaktır. Gerilimin frekansı değiştikçe ($n=120.f/p$) formülü gereği hız da değişecektir.

Temel fonksiyonu hız kontrol olsa da, en performanslı yol alma özelliğine de sahiptir. Güç elektroniğindeki gelişmelerle birlikte azalan maliyet ve artan verimlilik, bu cihazların hem yol vermede hem de hız kontrolünde kullanımını en uygun hale getirmektedir.



3 fazlı 50 Hz'lik şebeke gerilimi doğrultucuda DC gerilime dönüştürülür. Elde edilen DC gerilimdeki salınımlar ve darbeler kapasite ve bobinlerden meydana gelen filtre tarafından azaltılır. Inverter DC gerilimi kontrol bölümünden gelen sinyallerle uygun AC gerilim ve frekans değerine çevirir.

Bu yöntem, motora yol vermede ve durdurmada başarıyla uygulanabilir. Fakat normal çalışma süresince yükün değişik hızlarda çalışmasına gerek yoksa bu yöntemin uygulanması ekonomik açıdan en pahalı yöntem olacaktır. Yol vermedeki problemleri en aza indirmesi yanında, motor hız kontrolü de sağlarlar. Sanayide frekans değiştirici uygulamaları, enerji tasarrufu sağlayabilecek konuların başında yer almaktadır.

B) TEK FAZLI ASENKRON MOTORLAR

Tek fazlı asenkron motorlar tek fazlı bir şebekeden beslenmeleri ve yapısal olarak dayanıklı olmaları sebebiyle küçük güçlü uygulamalar için yaygın olarak tercih edilen elektrik motorlarıdır. Tek fazlı motorların çoğu küçük güçlü motorlardır. Bu motorlar, küçük el tezgâhları ile buzdolabı, çamaşır makinesi, küçük su pompaları, mikser, vantilatör, aspiratör, teyp, pikap, tıraş makinesi vb. yerlerde kullanılır.

Piyasada tek faz asenkron motor olarak bilinen tüm motorlar aslında çift faz (iki faz) motordur. Bunun nedeni şudur: Motorun stator nüvesi içerisine bir faz sargısı yerleştirildiği ve bu sargıya tek faz (faz-nötür) uygulandığı zaman, stator nüvesi, hava boşluğu ve rotor nüvesi içerisinde meydana gelen manyetik alanın matematiksel analizi bu manyetik alanın döner bir manyetik alan olmadığını gösterir. Dolayısıyla motorda bir dönme momenti meydana gelmez ve motor yol almaz. Böyle bir motor el ile hangi yöne doğru döndürülürse motor o yöne doğru yol almaya başlar. Özet olarak bir tek sargı ile motor yol almaz.

Motorda yaratılan manyetik alanın döner bir manyetik alan olması için stator nüvesi içerisine en az iki sargı yerleştirilmesi, bu sargıların stator içerisinde birbirleri arasında 90° lik bir faz açısı olması ve bu sargıların üzerinden akacak akımların da zamana göre aralarında 90° lik faz farkı olması gerekir. Tek faz motorlarda kondansatör kullanılmasının nedeni iki faz sargısından akan akımların yukarıdaki koşulu sağlaması içindir.

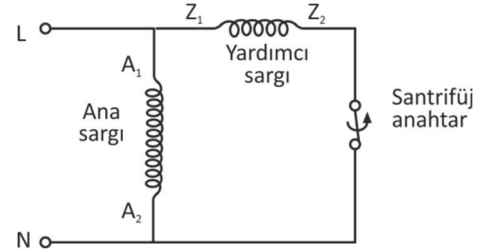
Tek faz motorun statoruna yerleştirilen iki faz sargısının biri ana sargı diğeri de yardımcı sargı olarak adlandırılır. Ana ve yardımcı sargıların siper sayıları ve tel kesitleri farklıdır. Yardımcı sargı, yalnızca motorda bir döner manyetik alan yaratılması için yerleştirildiğinden motor yol aldıktan sonra herhangi bir işlevi olmadığından genellikle motor yol aldıktan sonra devre dışı kalır. Bu nedenle yardımcı sargı motordan optimum performans sağlanacak şekilde tasarlanır. Yardımcı sargının devre dışı edilmesi genellikle santrifüj (merkezkaç) anahtar aracılığıyla sağlanır. Bu anahtar yardımcı sargıya seri olarak bağlanır.

Yardımcı sargı, ana sargıya kıyasla çok daha ince kesit ile ve fakat daha fazla sipirle sarılır. Bundan dolayı (değişik empedansları olduğu için) motorun yol alma anında ana sargı ve yardımcı sargı üzerinden akan akımlar arasında bir faz farkı oluşur. Bu faz farkının 90° olması ideal durumdur. Bu ideal durum sargıların tel kesitleri ve sipir sayıları ile sağlanamadığından yardımcı sargıya seri olarak uygun değerde kondansatör bağlanır.

Piyasada kullanılan dört çeşit tek fazlı asenkron motor vardır:

a) Ayrık fazlı (yardımcı sargılı) motor

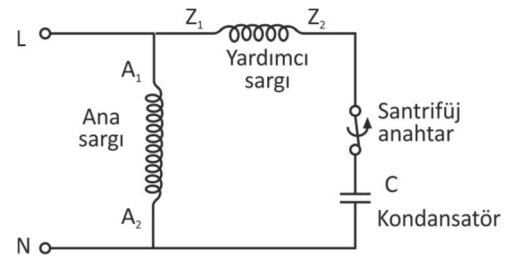
Ayrık fazlı motorun bağlantısı yandaki gibidir.



Bu motorda motor yol aldıktan (normal devrin %75-80'ine ulaşıldıktan) sonra santrifüj (merkezkaç) anahtar yardımcı sargıyı devreden çıkartır. Yalnızca ana sargı devrede kalır. Bu tür motorlar 1/20HP den 0,5HP gücüne kadar küçük güçlerde yapılırlar. Fan motoru, santrifüj pompalar ve ofis aparatlarında kullanılırlar.

b) Kondansatör başlatmalı motor

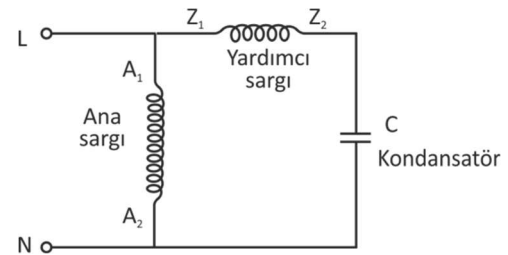
Kondansatör başlatmalı motorun bağlantısı yandaki gibidir.



Bu motor ayrıık fazlı motora göre ek olarak santrifüj (merkezkaç) anahtara seri bağlı bir kondansatör içerir. Uygun değerdeki kondansatör seçimi ile bu motordan oldukça yüksek dönme momentı sağlanır. Dolayısıyla motorun başlangıç anında yüksek dönme momentı sağlaması gereken kompresör, vinç, çamaşır makinası, buzluk, ısıtma-soğutma sistemleri gibi yerlerde kullanılır.

c) Kondansatör çalıştırmalı (daimi kondansatörlü) motor

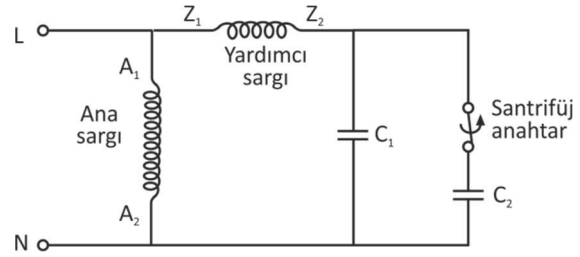
Kondansatör çalıştırmalı motorun bağlantısı yandaki gibidir.



Bu motorda santrifüj (merkezkaç) anahtar yoktur. Dolayısı ile ana sargı ile birlikte yardımcı sargı ve kondansatör de sürekli devrede kalır. Bu kondansatör daimi devre kondansatörü (yağlı tip) olmalıdır. Buradaki kondansatörün değeri, kondansatör başlatmalı motordakine göre çok daha küçüktür. Bu tür motorlar hem başlangıç akımı hem de başlangıç dönme momentı oldukça küçük olduğu için hafif işlerde kullanılırlar. Burada kullanılan kondansatör hem yol alma momentini biraz yükseltir hem de çalışma anında güç katsayısını 1'e yaklaştırır. Daimi kondansatörlü motor çok düzgün ve sessiz çalışır. Santrifüj (merkezkaç) anahtarın olamamasından dolayı daha az bakıma ihtiyaç gösterir. Genellikle vantilatör, aspiratör, brülörlerde, daire testereler, polisaj makineleri, çim biçme makineleri, pompa ve sessiz çalışmanın arzu edildiği yerlerde bu motorlar kullanılır. Su motorlarının büyük bir bölümü kondansatör çalıştırılmalıdır.

d) Kondansatör başlatmalı ve kondansatör çalıştırmalı (çift kondansatörlü) motor

Kondansatör başlatmalı ve kondansatör çalıştırmalı motorun bağlantısı yandaki gibidir.



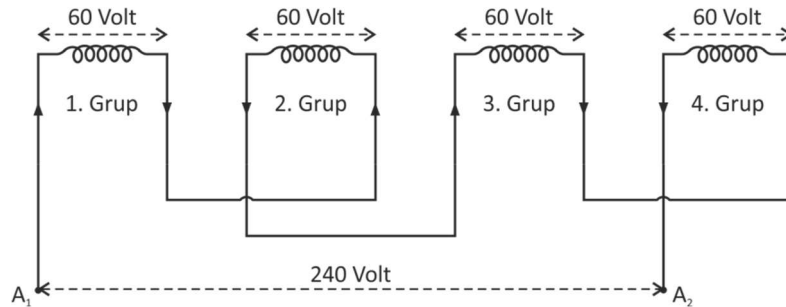
Bu motor kondansatör başlatmalı motor ile kondansatör çalıştırmalı motorun kombinezonudur. Daimi kondansatörlü motorlarda bahsedilen düşük kalkınma momentinin artırılması için tasarlanılmışlardır. Bu tip motorlarda yardımcı sargıya seri bağlı ve değerleri birbirinden farklı kondansatörler kullanılır. Kalkınma anında her iki kondansatörde devrededir ve bir tanesi bir süre sonra santrifüj (merkezkaç) anahtar ile devreden çıkarılır. Bu tip motorlarda en iyi kalkınma ve normal çalışma şartları gerçekleştirilebilir. Kondansatör başlatmalı motorlarda olduğu gibi yüksek kalkınma momentine ve daimi kondansatörlü motorlarda olduğu gibi sessiz ve yüksek momentle çalışırlar. Özellikle kompresör, hidrolik pompa ve santrifüj pompalar gibi yüksek kalkış momentinin istendiği yerlerde kullanılırlar.

c) ÇİFT GERİLİMLİ MOTORLAR

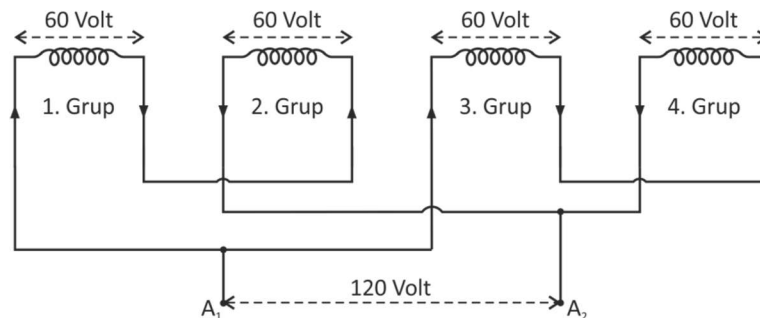
Tek ve üç fazlı asenkron motorlar değişik gerilimlerde çalıştırılmak üzere üretilirler. Örneğin tek fazlı dört kutuplu bir asenkron motor 3 değişik gerilimde çalıştırılabilir. Ancak pratikte üç değişik gerilili motor çok ender olarak bulunur. Burada önemli olarak ilkedir.

Tek fazlı dört kutuplu bir asenkron motorun her sargısının (ana ve yardımcı) dört grup bobini vardır. Bu gruplar 3 değişik (seri, seri-paralel ve tam paralel) şekilde bağlanabilir. Bu bobin grupları seri bağlanacak ve 240V ile çalışacaksa tüm bobinlerde sipir 240V esas alınarak hesaplanır.

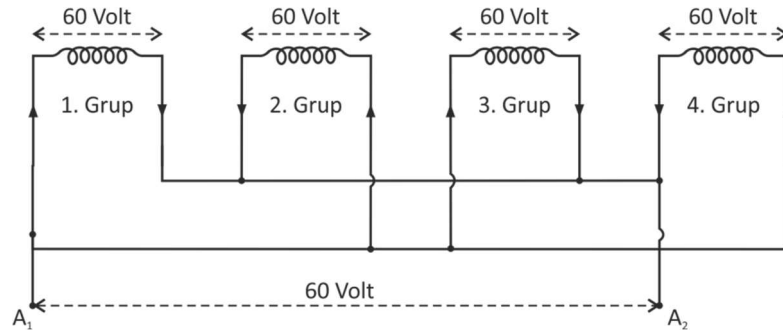
Bu bobin grupları 4 kutup yaratmak ve seri olarak çalışmak için aşağıda gösterildiği şekilde bağlanır. A₁ ve A₂ arasına 240V uygulanır. Bobin grupları eşit sayıda bobin ve her bobinde eşir sayıya sipir içerdiğinden her bobin grubu üzerine 240/4=60V düşecektir.



Eğer şebeke 120V olsa bu motor hiç bir güç kaybı olmaksızın bu gerilimde de çalıştırılabilir. Bu amaç için aşağıdaki şekildeki gibi bağlantı yapılır. 1. - 2. bobin grubu ile 3. - 4. bobin grubu seri bağlanarak oluşturulan yeni bobin grupları birbirlerine paralel bağlanır. A₁ ve A₂ arasına 120V uygulanır. Bu bağlantı ile her bir bobin grubu üzerine yine 60V düşer.

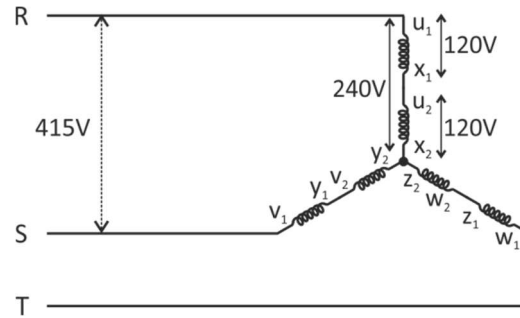


Bu motor 60V kaynak ile de çalıştırılabilir. Bu kez tüm bobin grupları alttaki şekilde olduğu gibi birbirlerine paralel bağlanır ve A₁ ve A₂ arasına 60V uygulanır. Diğer bağlantı şekillerinde olduğu gibi burada da her bobin grubuna 60V düşecektir.

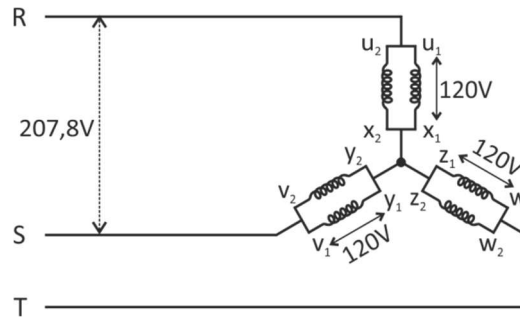


Çift gerilimli motorların çalışma ilkesi yukarıda anlatıldığı gibidir. Örnek olarak tek fazlı motoru almış olsak da aynı ilke üç fazlı motorlar için de geçerlidir.

Her faz sargısı iki bobin grubundan oluşan yıldız bağlı bir motoru ele alalım. u_1-x_1 ile u_2-x_2 üç fazlı bir motorun bir faz sargısını göstermektedir. Genellikle çift gerilim ile çalışan üç fazlı motorların sargı uçlarının tümü terminal kapağına çıkarılır. Her bobin grubunun (ör. u_1-x_1) sipiri belirli sabit bir sayı için hesaplanır. Bu gerilimin 120V olduğunu varsayalım. Eğer x_1 ucu u_2 'ye, y_1 ucu v_2 'ye ve z_1 ucu w_2 'ye bağlanırsa faz grupları seri olarak bağlanmış olacak ve hesaplama göre her faz sargısı [yani (u_1-x_2), (v_1-y_2) ve (w_1-z_2) üzerinde] $120+120=240V$ gerilim olacaktır. (x_2 , y_2 ve w_2 uçları birbirlerine bağlanarak yıldız noktası oluşturulacaktır). Her faz sargısı üzerine bu gerilimin düşmesi için u_1 , v_1 ve w_1 uçlarına bağlanacak üç fazlı şebekenin fazlararası gerilim değeri $240 \times \sqrt{3}=415V$ olmalıdır.

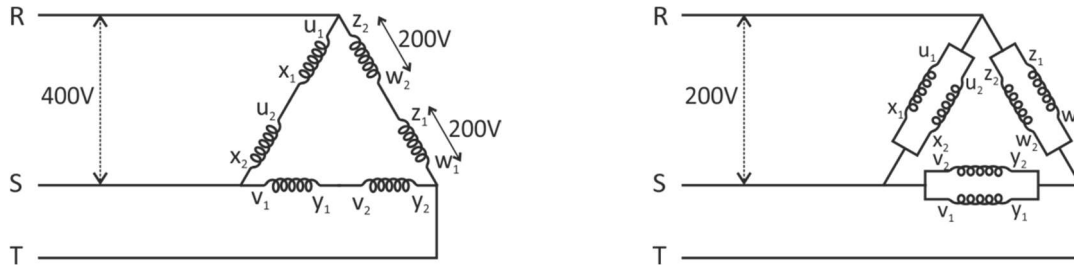


Eğer u_1 ucu u_2 'ye, v_1 ucu v_2 'ye, z_1 ucu z_2 'ye ve x_1 , y_1 ve z_1 uçları da yıldız noktasına (x_2 , y_2 ve z_2 uçlarının birleştiği yere) bağlanırsa devre aşağıdaki gibi paralel yıldız bir devre olur. Bu paralel yıldız devrede her fazın iki bobin grubu paralel bağlanmış ve üzerlerinde 120V gerilim olacaktır. bu kez şebekenin fazlararası gerilim değeri $120 \times \sqrt{3}=207,8V$ olmalıdır.



Çift gerilimli motor için örnek etiketler

Motorlar üçgen bağlı olarak da çift gerilimle çalıştırılabilir. Örneğin etiketinde 200/400V yazılı üçgen bağlı bir motorun faz bobin grupları seri bağlandıklarında 400V, paralel bağlandıklarında 200V gerilim uygulanması gerekir. Seri üçgen ve paralel üçgen bağlantı şemaları aşağıdaki gibi olmalıdır.



D) ÇİFT DEVİRLİ MOTORLAR

Genel olarak asenkron motorlar sabit hız motorlarıdır ancak istenirse tek fazlı ve üç fazlı motorlar iki değişik hızda çalıştırılmak üzere üretilirler. Bu tür motorlar **çift sargılı** ve **dahlander sargılı** olmak üzere ikiye ayrılır.

Asenkron motorlarda senkron hızın $n_s = \frac{120 \cdot f}{p}$ formülü ile hesaplandığından daha önceki sayfalarda sözedilmiştir. Rotorun dönüş hızı kaymaya s bağlı olarak senkron hızın altındadır ve $n_r = (1-s) \cdot n_s$ formülü ile hesaplanır. Formülden de görülebileceği gibi senkron hızı değiştirmek için frekansı veya kutup sayısını değiştirmek gerekmektedir. Frekansı değiştirerek çok geniş aralıklarda hız kontrolü yapabiliriz. Kutup sayısını değiştirerek ise iki sabit hız elde edebiliriz. Burada kutup sayısını değiştirmekle yapılan hız değişikliği incelenecektir.

- Statorun içerisine iki değişik kutup sayısı olan birbirinden bağımsız iki tane tek faz veya üç faz sargı yerleştirmekle (çift sargılı motor) veya
- statorun içerisine yerleştirilen üç faz sargının bağlantılarını iki değişik kutup sayısı yaratacak şekilde düzenlemekle (dahlander sargılı motor) kutup sayısı değiştirilebilir.

Çift sargılı motorlarda her iki sargı çok farklı kutup sayısında yapılabilmesine karşın, dahlander sargılarda iki kutup sayısının birbirinin katı olması gerekir (2/4, 4/8, 6/12 gibi). Çift sargılı motorlarda sargı güçlerinin oranı da –belli sınırlar içerisinde- çok değişik olabilir. Burada esas belirleyici motorun tahrik edeceği cihaz/makinanın o devir sayısında gereksindiği tork, dolayısı ile güçtür. Torna freze vs. gibi bazı tezgahlarda olduğu gibi hemen hemen sabit tork gerektiren uygulamalarda her iki devir sayısında da birbirine yakın güçler istenebilir. Oysa, örneğin fan tatbikatlarında değişen devir sayısı ile birlikte tork da değiştiğinden her iki devirdeki güçlerin oranlarında büyük farklar gerekebilir. Çift sargılı motorlarda Δ/Δ , Y/Y , Δ/Y bağlantı şekilleri uygulanabilir. Dahlander sargılarda ise; her iki devir hızında da aynı torkun istendiği tatbikatlarda: Δ/YY , düşük hızlarda, yüksek hızla daha düşük torkların –dolayısı ile çok daha düşük güçlerin- gereksinildiği tatbikatlarda Y/YY bağlantı şekli uygulanır.

Çift sargılı motorun içerisinde birbirlerinden ayrı ikişer adet tek faz veya üç faz sargı vardır. Her sargı istenilen kutup sayısı için sarılabilir. Asansör motorları, çamaşır makinası motorları, vinç motorları bu tür motorlara örnek gösterilebilir. Bu motorlarda önmemli olan değişik kutup sayısı olan sargıların aynı anda enerjilenmemesidir. Bu tür motorların etiketinde iki değişik hız veya iki değişik kutup sayısı belirtilir.

MODEL 5KAF449SS2691P		NO YFC355030	
HP	RPM	VOLTS	HZ
250	2690	460	90
250	1790	460	60
0	0	0	0.3
SPEED RANGE 60-1790		TORQUE 0-1790	
NEMA DESIGN J		NEMA 3 PHASE	
INS CLASS F		FOLES 4	
SMA 30C		SERVICE FACTOR 1.00	
TNAME J491700		TYPE Y/Y	
SPP DE RND REPLACEMENT 6814703		SERIAL REPLACEMENT 6814703	
YSTAT LBS PC-PC		C/T/L/G F 52430	
A5D™		SEVERE DUTY ADJUSTABLE SPEED AC MOTOR	
NP249A5468		FORT WAYNE, IN	
		MADE IN U.S.A.	

Çift sargılı motor için örnek etiket

Dahlander sargılı motorun içerisinde bir adet üç fazlı sargı vardır. Statora sargıların u, v, w ile x, y, z uçlarından başka, sargı ortalarından uçlar çıkararak ve bunların bağlantıları yapılarak çift devir sayısı elde edilir. Bu bağlantı türünde kutup sayıları oranı 1/2'dir. Yani 4/2 kutuplu veya 8/4 kutuplu gibidir. Eğer bir sargıdan birbirinin katı iki değişik kutup sayısı elde edilecek bir bağlantı yapılmışsa bu bağlantıya "Dahlander bağlantı" ve bu tip motorlara da "Dahlander motorlar" denir. Dahlander bağlantıda sargı, küçük devir sayısı için yani büyük kutup sayısına göre tasarlanır. Her faz sargısının orta uçları bulunur. Faz sargıları giriş uçları 1U-1V-1W, orta uçlar 2U-2V-2W ile işaretlenir. Klemens tablosuna bu 6 uç çıkarılır. Dahlander sistemin esası, stator sargılarının her fazı iki gruba ayırdıktan sonra seri ve paralel bağlantı uygulamasıdır.

Statordaki faz sargıları iki gruba ayrılmış olan asenkron motorun normal olarak üçgen bağlı çalıştığını kabul edelim. 1U-1V-1W uçlarını kısa devre edip, şebekenin RST fazlarını 2U-2V-2W uçlarına bağlayalım. Bu durumda motor sargıları paralel yıldız bağlanmış olur. Seri üçgen bağlantıdan paralel yıldız bağlantıya geçildiğinde bir faz sargısındaki iki grup bobinin birinden geçen akım yönü aynı kaldığı halde ikinci gruptan geçen akımın yönü değişmektedir. Buda bobinlerin meydana getirdiği kutup sayısının yarıya düşmesine sebep olur. Kutup sayısının yarıya düşmesi devir sayısının iki kat artması demektir. Çünkü, asenkron motorun devir sayısı, kutup sayısı ile ters orantılıdır.

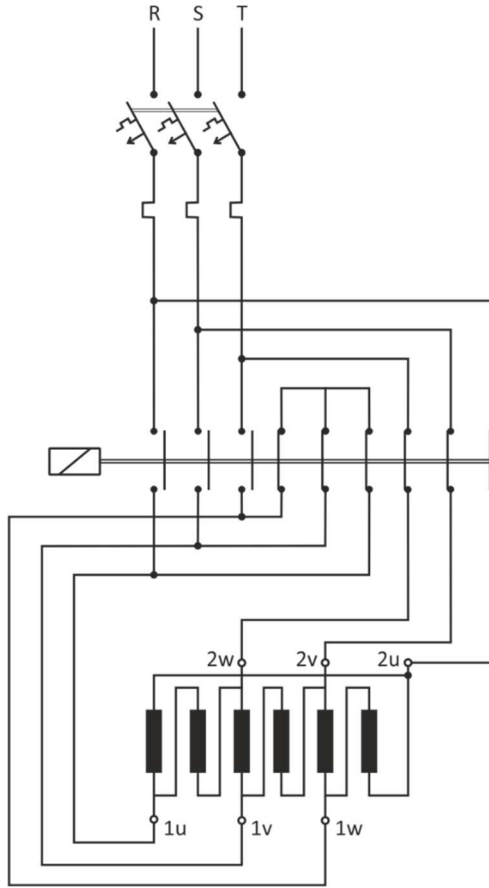
Üçgen ve paralel yıldız bağlantılarda motorun faz sargılarına ve her bir faz gurubuna uygulanan gerilimlere bakalım. Üçgen bağlantı durumunda her bir faza 415 volt uygulanmıştır. Bir faza ait iki bobin gurubu seri bağlı olduğu için her faz gurubuna $415/2 = 207,5$ volt gerilim uygulanmış olur. Paralel yıldız bağlantı da ise, paralel bağlı olan iki gurup faz bobinine 240 volt uygulanmıştır. Üçgen bağlantıdaki (düşük devirde) bir gurup faz bobinine uygulanan gerilim 207,5 volt, paralel yıldız bağlantıda (yüksek devir) bir gurup faz bobinine uygulanan gerilim 240 voltur. Bu durumda, motor yüksek devirle çalışırken düşük devire nazaran faz gurup bobinlerine 32,7' şer volt fazla gerilim uygulandığı için motor, düşük devirle çalışırken gücü düşük, yüksek devirle çalışırken de gücü biraz artar.



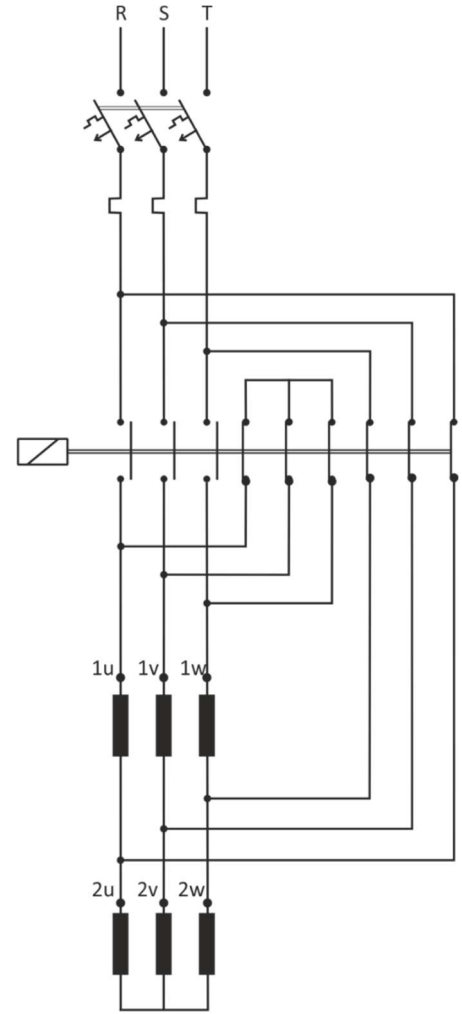
Örnek dahlander motor etiketleri

Dahlander motorlarda şebekenin ve motorun elektrik ve mekanik zorlanmalarını önleme sebebi ile ilk önce düşük devirde start edilir ve devrini aldıktan sonra yüksek devire geçilir. Motor gücü büyüdüğünde ilk kalkış için düşük devirde yıldız bağlı olarak start edilerek daha sonra üçgen bağlantıya geçilir ve daha sonra devrini almış olan motor yüksek devire geçirilir.

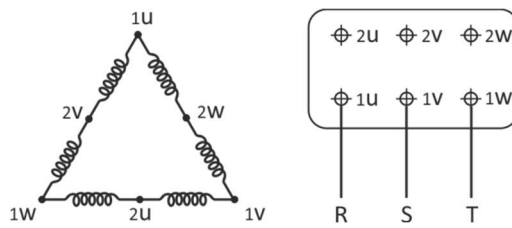
Dahlander motorlara örnekler:



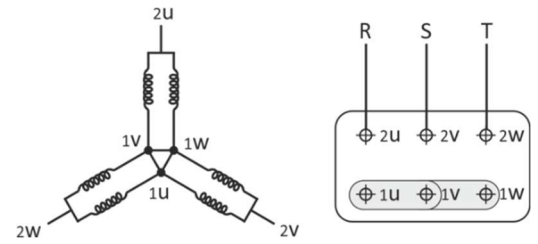
Dahlander – Seri üçgen/Paralel yıldız
Güç devresi



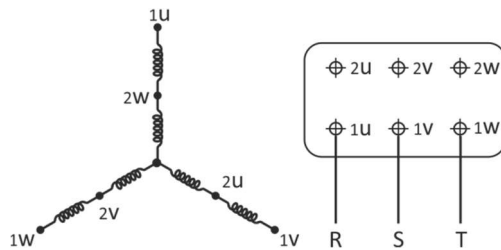
Dahlander – Seri yıldız/Paralel yıldız
Güç devresi



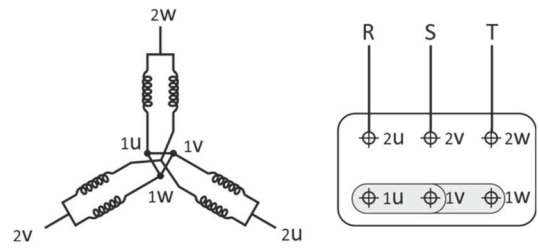
Seri üçgen
Düşük devir



Paralel yıldız
Yüksek devir



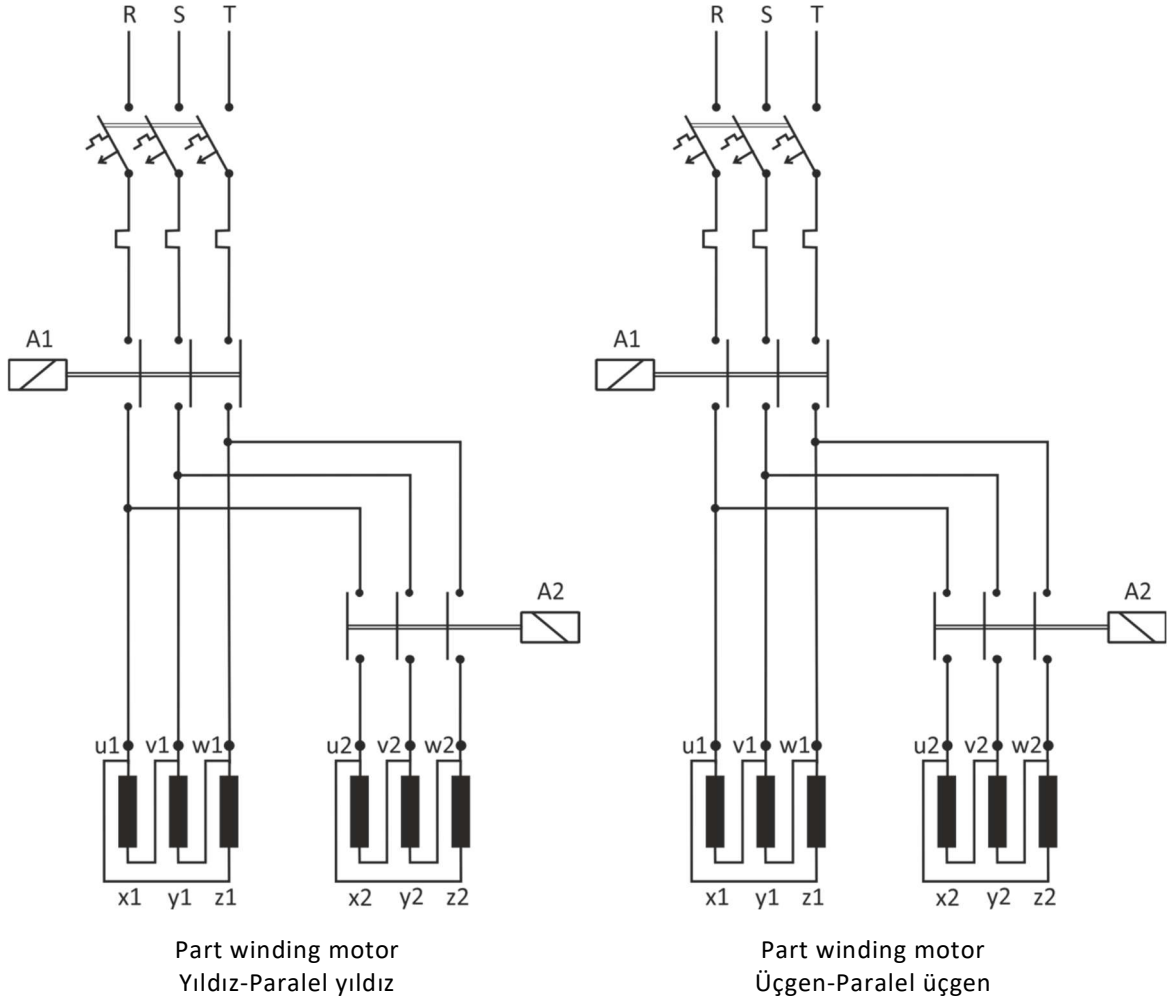
Seri yıldız
Düşük devir



Paralel yıldız
Yüksek devir

E) PART WINDING MOTOR

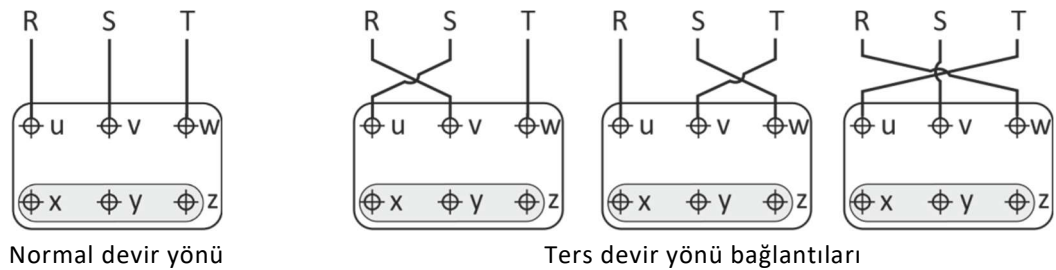
Çift gerilimli motorlar anlatılırken motorun içerisindeki faz sargılarının 3 değişik şekilde bağlanabilecekleri belirtilmişti. Her faz sargısı seri, seri-paralel veya tam paralel bağlanabilir. (Faz sargılarının seri-paralel bağlanabilmesi için motorun en az 4 kutuplu olması gerektiğini de belirtelim) Part winding motorlar üretilirken faz sargıları en az 2 tane paralel devreleri olacak şekilde tasarlanırlar. Motorun yol alma akımını sınırlamak için başlangıç anında faz empedansının yüksek tutulması, motor normal devrine yaklaştığında gerçek empedans değerini sağlayacak bağlantıya geçilmesi esastır.



F) ASENKRON MOTORLARIN DEVİR YÖNÜNÜ DEĞİŞTİRME

Motorların çalışma durumlarına göre bazan devir yönlerinin değiştirilmesi gerekebilir.

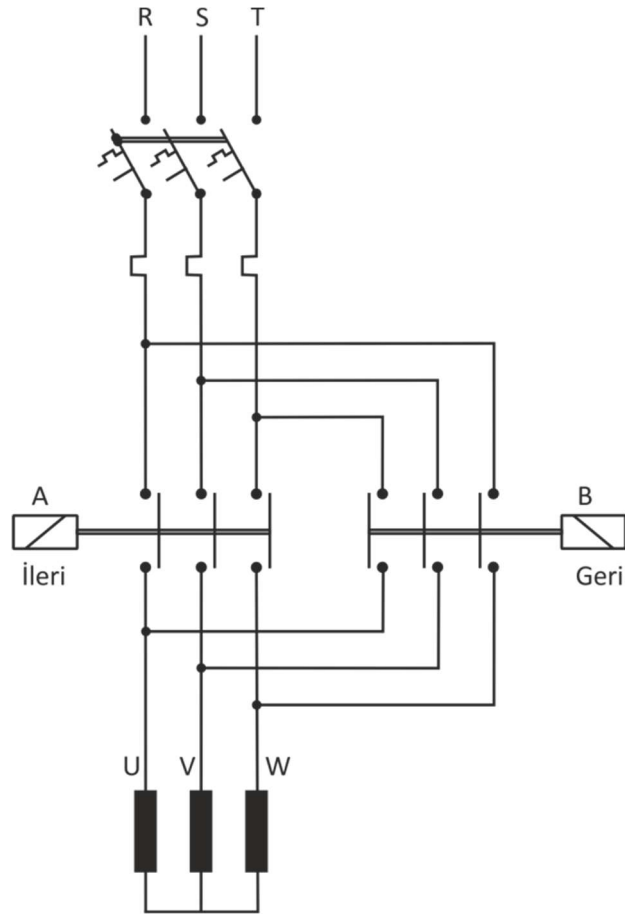
Üç fazlı asenkron motorların devir yönünün değiştirilmesi son derece kolaydır. Motora uygulanan R-S-T fazlarından herhangi ikisinin yerini değiştirirsek motorun devir yönünü de değiştirmiş oluruz.



Üç fazlı asenkron motorun devir yönünün değiştirilmesine örnek olarak doğrudan yol verilen (DOL) üç fazlı bir motorun çift yönlü çalıştırılmasına ilişkin güç ve kumanda devreleri aşağıda verilmiştir.

Güç devresini açıklayalım:

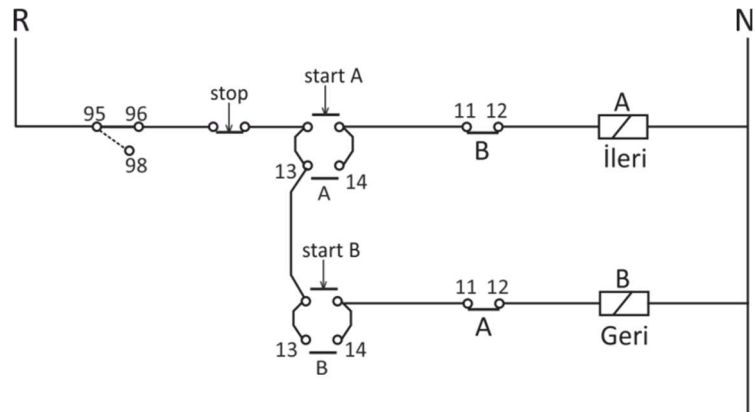
A kontaktörü kapandığında motor normal dönüş yönünde çalışacaktır. B kontaktörü R-T fazlarının yerlerini değiştirmektedir. A açılır B kapatılırsa motor ters yönde dönmeye başlayacaktır.



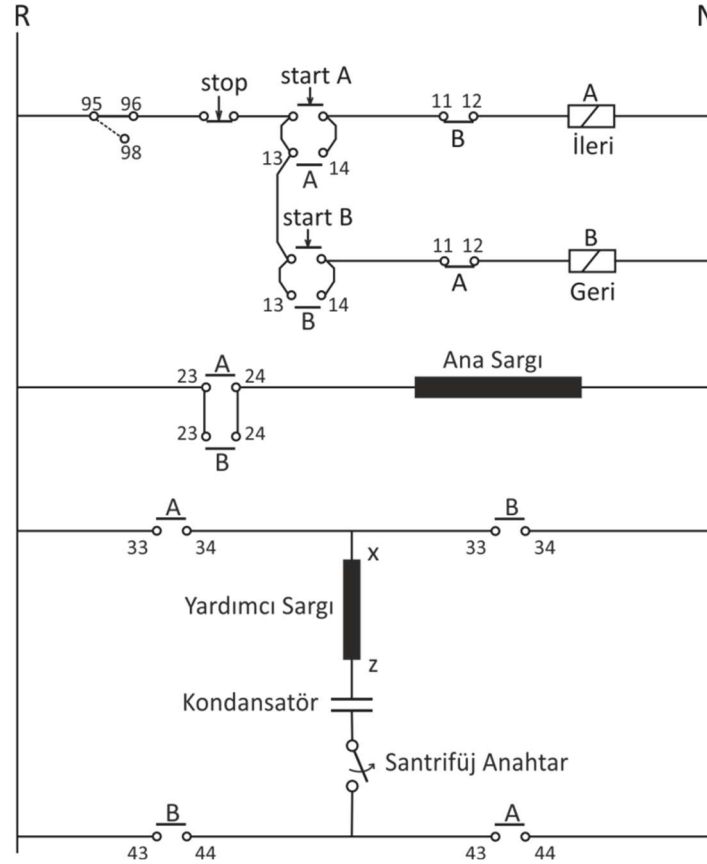
Kumanda devresini açıklayalım:

Kontrol devresi Faz-Nötür gerilimi ile çalışmaktadır. Start A butonuna basıldığında B kontaktörünün normalde kapalı B(11-12) kontağı üzerinden A bobini enerji alır, start A'ya paralel normalde açık A(13-14) kontağı kapanırken B bobini devresindeki normalde kapalı A(11-12) kontağı açılır. Motor normal yönünde dönmeye başlar.

Stop butonuna basılarak motor durdurulduktan sonra start B butonuna basılınca A kontaktörünün normalde kapalı A(11-12) kontağı üzerinden B bobini enerjilenmiş olur, start B'ye paralel normalde açık B(13-14) kontağı kapanırken A bobini devresindeki normalde kapalı B(11-12) kontağı açılır. Motor ters yönde dönmeye başlar.



Tek fazlı asenkron motorlar, yardımcı veya ana sargıdan herhangi birinin uçları yer değiştirilerek (yani stator alanının dönüş yönü değiştirilerek) ters yönde döndürülebilir. Aşağıda yardımcı sargı uçlarını ters çevirerek ters yönde döndürmek için gerekli güç ve kumanda devreleri birlikte çizilmiştir.



Start A butonuna basıldığında; A bobini enerjilenir, A(13-14) kapanır, A(11-12) açılarak B bobininin enerjilenmesini önler, A(23-24) kapanarak ana sargı enerjilenir ve A(33-34) ile A(43-44) üzerinden yardımcı sargı da enerjilenince motor ileri yönde dönmeye başlar. Bu aşamada yardımcı sargı üzerindeki akım $x \rightarrow z$ yönünde akacaktır.

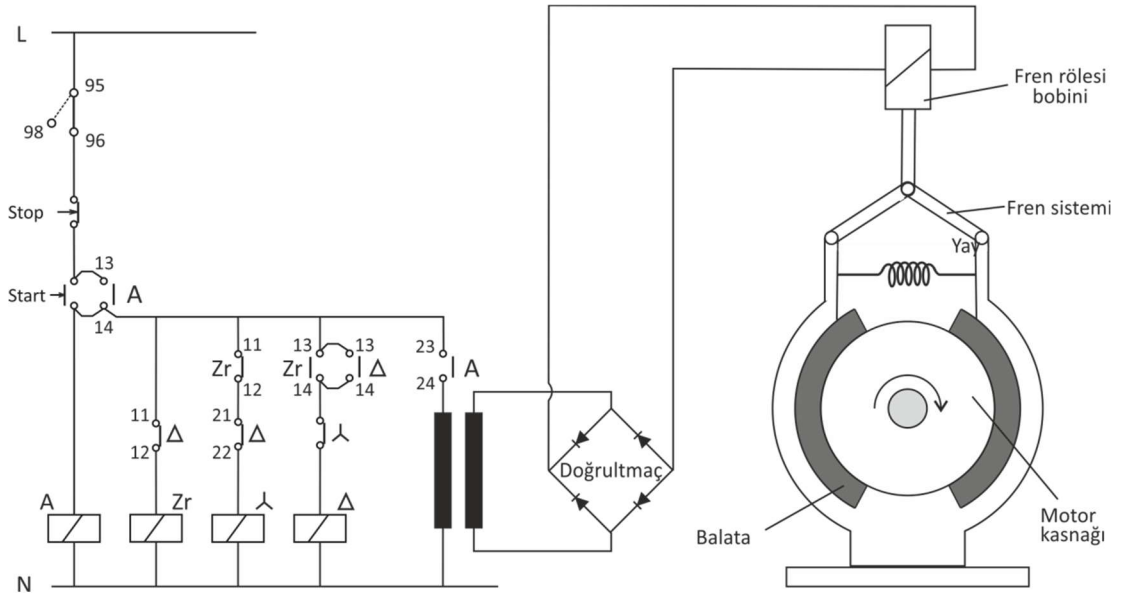
Motor stop edilir ve Start B butonuna basılırsa; yukarıda anlatılanların aynısı bu kez B bobininin kontaklarıyla gerçekleşir. Yani B(13-14) kapanır, B(11-12) açılarak A bobininin enerjilenmesini engeller, B(23-24) kapanınca ana sargı enerjilenmiş olur ve B(33-34) ile B(43-44) üzerinden yardımcı sargı da enerjilenir. Bu kez yardımcı sargının üzerindeki akım $z \rightarrow x$ yönünde akacağından motor ters (geri) yönde dönmeye başlar.

G) ASENKRON MOTORLARDA FRENLEME

Motorların enerjisi kesildikten sonra rotorun kendi ataletinden dolayı bir süre daha dönüşünü sürdürür. Yani motorun durması için durdurma butonuna basıldığında, motor durmayıp bir süre daha azalan bir hızla dönmeye devam eder ve sonra durur. Özellikle büyük güçlü motorların ebatları da büyük olduğundan, durma süreleri uzundur. Özellikle seri üretimde motorların durma süresi büyük önem taşır. Çünkü seri üretimde kullanılan bir tezgâhta durdurma butonuna basıldıktan sonra parçayı değiştirmek için motorun durması beklenir. Bu da hem zaman kaybına, hem de bazı iş kazalarına neden olur. Halbuki motor kısa sürede durdurulursa zamandan kazanılarak daha çok iş yapılır. İşte motorun durdurma butonuna basıldığında hemen durması için yapılan uygulamaya frenleme denir.

3 çeşit frenleme vardır.

i) Balatalı frenleme

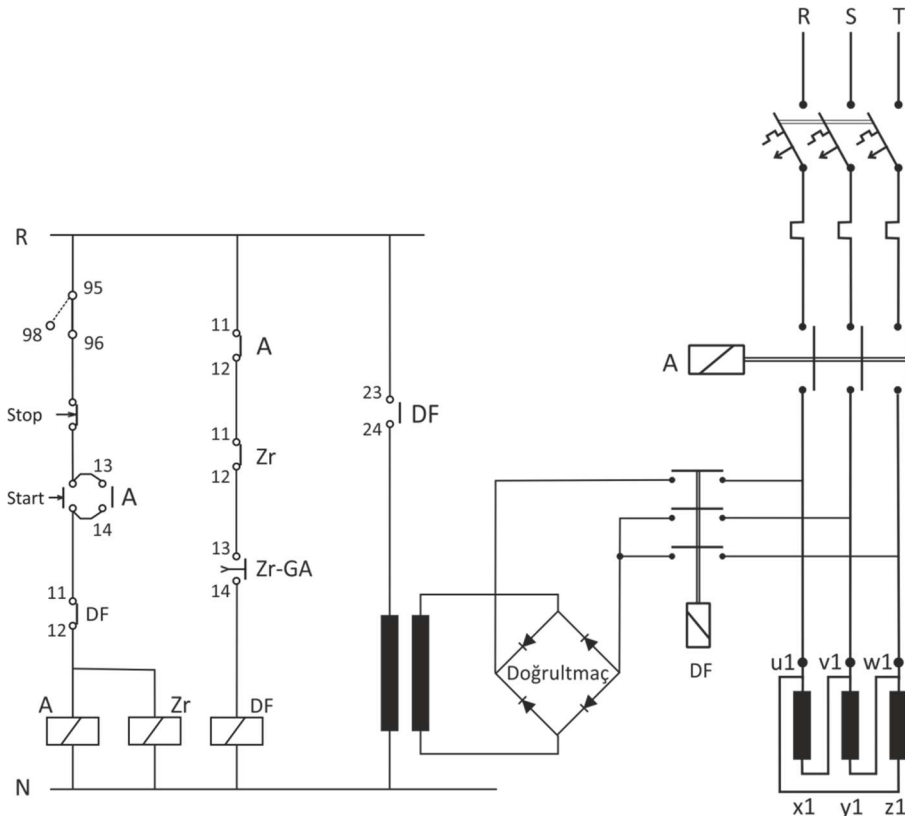


Motorun frenlenmesi için motor kasmağının iki balata ile sıkıştırılmasına balatalı veya mekanik frenleme denilir. Altındaki şekil-şemada görüldüğü gibi enerjisiz durumda motor miline bağlı motor kasmağı balata tarafından yay vasıtasıyla sıkılır ve kasmağın dönmesi engellenir.

Start butonuna basıldığında, A kontaktörü enerjilenerek kontaklarını kapatır. Mühürleme kontağı ve transformatöre seri bağlı kontak kapanarak motorun frenleme bobinini enerjilendirir. Nüvenin enerjilenmesiyle motor kasmağının sıkı balatalar kasmağı serbest bırakır.

Motor yıldız bağlı olarak çalışır. Bir süre sonra Zr zaman rölesi Δ kontaktörünün enerjisini keserek Δ kontaktörünü enerjiler. Motor Δ olarak çalışmasını sürdürür. Motor durdurulmak istenirse b1 butonuna basılır ve motorun enerjisi kesilir. Aynı zamanda fren bobini de enerjisiz kalır ve balatalar yay vasıtasıyla sıkılır. Böylece balataların motor kasmağının sıkması ile frenleme gerçekleşmiş olacaktır.

ii) Dinamik frenleme



tezgâhın durumunu iyice incelemek gerekir. Aksi takdirde motor şebekeden aşırı akım çeker ve tezgâhta tehlikeli değerlerde mekanik kuvvetler doğar.

Üç fazlı bir asenkron motorun ani durdurulması yukarıdaki kumanda devresindeki gibi yapılır. Bu devrede start (başlatma) butonuna basılınca, (A) kontaktörü enerjilenir. "Normalde kapalı A(11-12) kontağı açılır, normalde açık A(13-14) kontakları kapanır ve motor ileri yönde döner. Motorun dönmesiyle (Ad) ani durdurma anahtarı kapanır. Önceden normalde kapalı A(11-12) kontağı açıldığından, (B) kontaktörü enerjilenemez. Stop (durdurma) butonuna basılınca (A) kontaktörünün enerjisi kesilir ve motor şebekeden ayrılır. Rotor dönmeye devam ettiğinden, ani durdurma anahtarı kapalı konumda kalır. Kapanan A(11-12) kontağı üzerinden (B) kontaktörü enerjilenir, B(13-14) kontaklı kapanır ve böylelikle iki fazın yeri değiştirilerek motor tekrar şebekeye bağlanmış olur. Meydana gelen ters döndürme momenti motorun devir sayısını hızla düşürür. Devir sayısı sıfır olup motor ters yönde dönmeye çalışınca ani durdurma anahtarı açılır. (B) kontaktörünün enerjisi kesilir ve motor şebekeden ayrılır. Böylece asenkron motor ani olarak durdurulmuş olur.

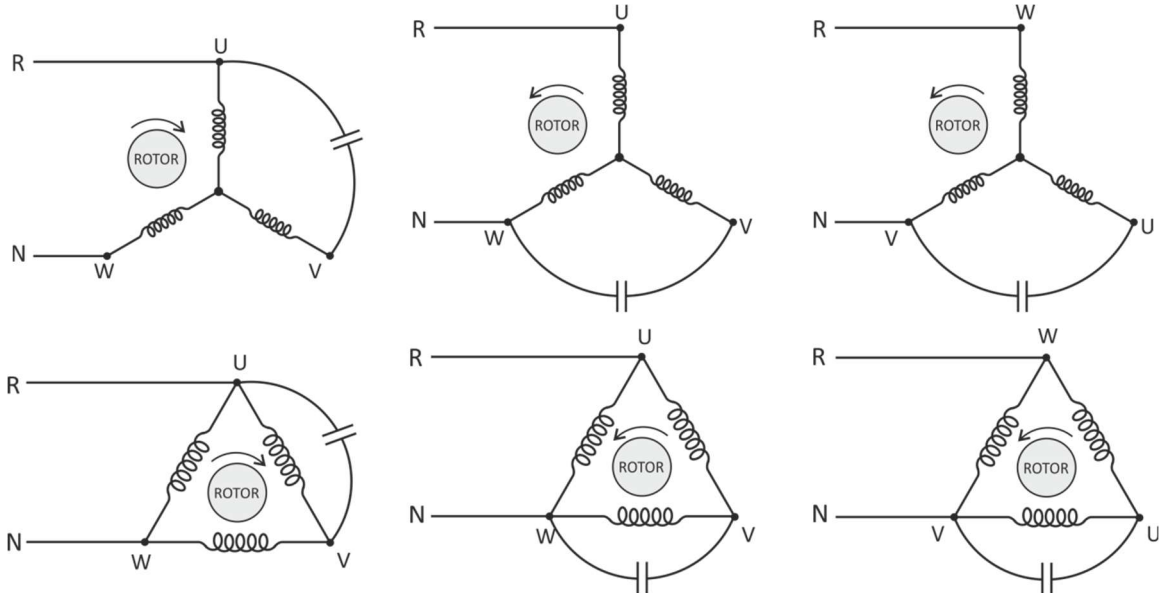
Ani durdurma yönteminde ani durdurma anahtarı kullanılır. Motor mili üzerinde sürtünen bu anahtarın kontağı motor normal yönünde çalışırken kapalı konumdadır. Motor ters yönde dönmeye başladığı anda bu kontağını açarak kumanda devresinin enerjisini keser ve motoru durdurur.

H) ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTORUN TEK FAZLI ŞEBEKEDEN ÇALIŞTIRILMASI

Üç fazlı motoru, 3 Fazlı şebekenin bulunmadığı yerlerde ya da özel itenirse tek faz ile çalıştırılabiliriz. Motorun dönebilmesi için aralarında faz farkı olan en az iki akımın stator sargıları üzerinden geçmesi gerekir. Motorun tek fazlı şebekede yol alabilmesi için stator sargılarından bir ya da ikisinin yardımcı sargı olarak kullanılması gerekir. Sargılardan birine daimi kondansatör bağlanır. Bu durumda stator sargısı yıldız ya da üçgen bağlanmış motorun iki sargı ucu tek fazlı şebekeye bağlanır ve motor daimi kondansatörlü motor gibi çalışır. Üç fazlı motorun bu yöntemle çalıştırılmasında motorun tek fazlı gücü, anma gücünün (etikette yazılı nominal gücünün) yüzde 50-60'ı kadar olur.

Bu yöntemle çalıştırılacak motorun nominal gücü en çok 2 HP olmalıdır. Daha büyük güçteki motorlar bu işe uygun değildirler.

Motorun dönüş yönünü değiştirmek için kondansatörün bağlandığı sargıları değiştirmek veya faz-nötür bağlantılarının yapıldığı uçları değiştirmek gerekir.



3 fazlı motorları tek fazlı şebekede çalıştırmak için gerekli kondansatör değerleri alttaki tabloda verilmiştir.

MOTOR GÜCÜ		KONDANSATÖR
HP	kW	µF
0,25	0,18	12
0,5	0,37	25
0,75	0,55	37
1	0,75	50
1,5	1,1	75
2	1,5	100

GENEL SORULAR

SORU 1: Faz-Toprak, Nötür-Toprak ve Faz-Nötür kısa devrelerinde hangi koruma elemanları görev yapar? Açıklayınız.

YANIT:

Faz-Toprak kısa devresinde toprak otomatığı görev yapar. Arızanın şiddetine göre ve toprak otomatığının açmakta gecikmesi halinde ilgili devrenin aşırı akıma karşı koruyucu (sigorta, mcb vb.) elemanı da görev yapabilir.

Nötür-Toprak kısa devresinde yalnızca akım çalışmalı (current operated) toprak otomatığı görev yapar.

Faz-Nötür kısa devresinde ilgili devrenin aşırı akıma karşı koruyucu elemanı (sigorta, MCB, O/L vb.) görev yapar.

SORU 2: 24 voltluk kamyon aküsünün frekansı kaç Hz.dir?

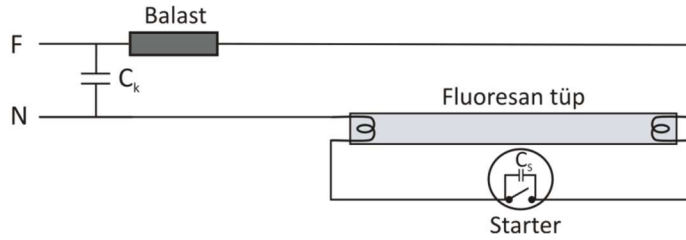
YANIT:

Akü doğru akım kaynağı olduğu için frekans değeri **sıfırdır**.

SORU 3: Floresan lamba devrelerindeki kondansatörlerin görevleri nelerdir? Açıklayınız.

YANIT:

Floresan lambanın devre şeması aşağıdaki gibidir.



Starterin uçlarına bağlanan Cs kondansatörünün görevi radyo parazitlerini önlemektir.

Faz-Nötür arasına bağlanan Ck kondansatörünün görevi ise kompanzasyon yaparak lambanın güç faktörünü düzeltmektir.

SORU 4: 1 mm² den 16 mm² ye kadar olan standart kablo kesitlerini ve bu kabloları korumak için kullanılacak MCB değerlerini yazınız.

YANIT:

1 mm ²	6A
1,5 mm ²	10A
2,5 mm ²	16A
4 mm ²	20A
6 mm ²	32A
10 mm ²	45A

SORU 5: 1 mm² den 35 mm² ye kadar olan kabloların;

- Kesitlerini,
- Koruma sigorta değerlerini ve
- Toprak devamlılık iletkenlerinin kesitlerini sırayla yazınız.

YANIT:

Toprak devamlılık iletkeni (ECC=Earth Continuity Conductor), ilgili devrenin faz iletken kesitinin yarısına yakın bir kesitte olur. Buna göre 1-35 mm² arasındaki kablolar, koruma sigorta değerleri ve toprak devamlılık iletkenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1 mm ²	5 A	1 mm ²
1,5 mm ²	10 A	1 mm ²
2,5 mm ²	15 A	1 mm ²
4 mm ²	20 A	2,5 mm ²
6 mm ²	30 A	2,5 mm ²
10 mm ²	45 A	6 mm ²
16 mm ²	60 A	6 mm ²
25 mm ²	80 A	16 mm ²
35 mm ²	100 A	16 mm ²

SORU 6: Kaç adet 10 Ω luk direnci paralel bağlarsak 0,1 Ω luk eşdeğer direnç elde ederiz? Hesaplayarak gösteriniz.

YANIT:

Aynı değerdeki dirençlerin seri veya paralel bağlanmaları durumunda eşdeğer direnç basitçe hesaplanabilir. Şöyle ki:

- n adet R direncini seri bağlarsak eşdeğer direnç $R_t = R \cdot n$ olur.
- n adet R direncini paralel bağlarsak eşdeğer direnç $R_t = R/n$ olur.

Soruda $R_t=0,1 \Omega$ ve $R=10 \Omega$ olduğuna göre, paralel bağlanan dirençlerin sayısı $n = R/R_t = 10/0,1 = 100$ adet olarak hesaplanır.

Yani 100 adet 10Ω luk direnci paralel bağlarsak 0,1 Ω luk direnç elde ederiz.

SORU 7: Sıfır Ohm direnç ve Sonsuz Ohm direnç ne anlama gelir? Açıklayınız.

YANIT:

Sıfır ohm direnç tam temas halini yani *kısa devreyi* anlatır.

İki nokta arasında o kadar sıkı temas sağlanmıştır ki aralarında bir ohmmetre (*direnç ölçer*) ile ölçüm yaptığımız zaman aynı noktayımışlar gibi sıfır değeri bulunur.

Sonsuz ohm direnç tam ayrılma halini yani *açık devreyi* anlatır.

İki nokta arasında o kadar çok yalıtım veya temassızlık vardır ki aralarında bir ohmmetre (*direnç ölçer*) ile ölçüm yaptığımız zaman sonsuz değeri bulunur.

SORU 8: Bir kamyon şoförü bir inşaata kum götürmüş ve kumu boşaltmak için damperin kaldırılmasını sağlayan kolu çevirdikten sonra kamyonun aşağıya inmiştir. Aşağıda kamyonu izlerken kamyonun kasasının 11 kV havai orta gerilim hattının en kenardaki iletkenine dokunduğunu farketmiştir. Bu durumda şoför ne yapmalıdır?

YANIT:

Kamyonun kasası havai iletkenine dokunduğu anda hattın gerilimi, kamyonun tüm metal kısımlarına ulaşmış demektir.

- Eğer o anda dokunma noktasından kıvılcım veya ateş yayılmamış ise gerilim kamyonun lastiklerinde bekliyor demektir. Eğer şoför damperi geri indirmek için kamyonun herhangi bir noktasına dokunacak olursa gerilim yüklü kamyon ile toprak arasında köprü görevi yapacak ve elektriğe kapılacaktır. Bu durumda şoför kamyonun yanından uzaklaşmalı ve hemen elektrik arızayı arayarak haber vermelidir. Elektrik arıza ekibi enerjiyi kestikten sonra şoför damperi indirerek kamyonu hattın altından çekebilir.
- Eğer o anda dokunma noktasından kıvılcım veya ateş yayılmış ise hattın trafo merkezindeki koruyucu elemanı 11 kV hattın enerjisini kesmiş olabilir. Ancak elektriğe kapılmamak için *her ihtimale karşı* şoför kamyonun yanından uzaklaşmalı ve hemen

elektrik arızayı arayarak durumu bildirmelidir. Elektrik arıza ekibi enerjiyi kestikten sonra damperi indirerek kamyonu hattın altından çekebilir.

SORU 9: Aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

- a) Kesit küçüldükçe gerilim düşümü artar.
- b) Kesit büyüdüğü akım taşıma kapasitesi artar.
- c) Kesit küçüldükçe direnç küçülür.
- d) Kesit büyüdüğü iletkenlik artar.

YANIT:

Sorudaki tüm şıklar için formüller yazılarak gerekli yorumlarla doğru seçenek bulunabilir. Ancak bu soruyu mantık kullanarak çözmek daha kolay ve akılda kalıcı olacaktır:

Elektrik Kurumunun zaman zaman bazı mahalle veya köylerde gerilim düşümünü gidermek için hatları yenilediğini ve *daha büyük kesitli* yeni hatlar çektiğini görmüşsünüzdür. Bu işlem, küçük kesitli iletkenlerin daha büyük gerilim düşümüne neden olduğunu gösterir. Buna göre (a) şıkkı doğrudur.

Elektrik devrelerini su devreleri ile eşleştirerek de yorum yapabilirsiniz. Sonuç aynı olacaktır. $\phi 3$ inçlik su borusunun içerisinden 1 dakikada akıtılabileceğiniz suyun miktarı ile $\phi 1$ inçlik su borusunun içerisinden 1 dakikada akıtılabileceğiniz suyun miktarı aynı olabilir mi? Daha büyük borunun daha fazla su taşıyabileceğini hesap yapmadan herkes söyleyebilir. Buna göre daha *büyük kesitli kablo daha fazla akım taşıyabilir* diyebilirsiniz. Bu yoruma göre (b) şıkkı da doğrudur.

2 HP gücündeki iki adet su motorundan birisinin ucuna $\phi 2$ inçlik su borusu, diğerinin ucuna da $\phi 1$ inçlik su borusu bağladığımızı ve motorları aynı havuzdan su çekmek üzere çalıştırdığımızı düşünelim. Su borusunun iç yüzeyi suyun akışına karşı bir mukavemet gösterir. Bu mukavemetin (karşı koyma) elektrikteki karşılığı dirençtir. Sizce hangi boru daha fazla mukavemet gösterecektir? Biraz düşününce daha kalın borudan suyun daha rahat aktığını anlarsınız. Öyleyse borunun çapı (yani elektrikte kesit) küçülünce mukavemet (elektrikte direnç) artmaktadır. Böylece (c) şıkkının yanlış olduğu kararına varılır.

İletkenlik, direncin zıt anlamı bir büyüklüktür. Yani ***direnç=zorluk çıkarma*** ise ***iletkenlik=kolaylık gösterme*** demektir. Yukarıdaki paragrafta anlatıldığı gibi, suyun akışı sırasında daha kalın boru, ince boruya göre daha az mukavemet gösterecek yani daha fazla kolaylık gösterecektir. Yani (d) şıkkı da doğrudur.

Bu yorumlardan sonra sorunun yanıtının (c) şıkkı olduğunu söyleyebiliriz.

Aynı soruyu formüllere dayanarak çözümleyelim:

- a) Gerilim düşümü = İletkenin direnci x iletkenin akımı

$$\Delta U = R \cdot I$$

İletkenin direnci = İletkenin uzunluğu / (kesit x özgül iletkenlik)

$$R = L / (q \cdot \chi)$$

R nin karşılığı ilk denkleme yerleştirilirse $\Delta U = R \cdot I = L \cdot I / (q \cdot \chi)$ olur.

Burada gerilim düşümünün (ΔU) kesit (q) ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Yani kesit azaldıkça gerilim düşümü artacaktır.

- b) İletkeni oluşturan malzemenin özellikleri değişmediği sürece, daha büyük kesitli (yani daha kalın) kabloların (iletkenlerin) taşıyabileceği akımın miktarı da artar. Bunun illa ki formüllerle anlatılması gereksizdir.

- c) İletkenin direnci = İletkenin uzunluğu / (kesit x özgül iletkenlik)

$$R = L / (q \cdot \chi)$$

Burada direncin (R) kesit (q) ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Yani kesit (q) küçüldükçe direnç (R) artacaktır.

Bu durumda "Kesit küçüldükçe direnç küçülür" ifadesi yanlıştır.

- d) İletkenlik = 1 / Dirençdir. Yani iletkenlik direncin tersidir.

$$G = 1 / R = 1 / [L / (q \cdot \chi)]$$

$$G = q \cdot \chi / L$$

Burada iletkenliğin (G) kesit (q) ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. Yani kesit (q) büyüdüğü iletkenlik (G) artacaktır.

Yukarıdaki formüllere ve ilgili yorumlara göre de sorunun yanıtı (c) şıkkıdır.

SORU 10: Aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

- a) İletken uzunluğu arttıkça gerilim düşümü artar.
- b) İletken kesiti arttıkça akım taşıma kapasitesi artar.
- c) İletken kesiti arttıkça direnç azalır.
- d) İletken kesiti azaldıkça gerilim düşümü azalır.

YANIT:

Sorudaki tüm şıklar için uygun formüller yazılarak yorumlarla doğru seçenek bulunabildiği gibi mantık kullanarak da çözüme ulaşılabilir. Mantık yolu daha kolay ve akılda kalıcı olabilir:

Sorudaki akım, gerilim ve direnç kavramlarını *su devreleri ile benzeştirerek* akıl yürütelim.

Gerilim, *suyun basıncı* demektir. Elektrik devrelerindeki uzaklık, su devrelerinde yükseklik ile eşleştirilebilir. Daha uzak bir yere elektrik taşımak, daha yüksek bir yere su taşımak gibidir. Şehir ve köylerimizde su dağıtım günlerinde çoğu evde su sayacının yanındaki çeşme gürül gürül akarken 120 cm yukarıda sonlanan borunun beslediği su deposuna suyun çıkamadığını görmüşüzdür. Bu, borunun seviyesi yükseldikçe suyun basıncının düştüğünü göstermektedir. Elektrikte de daha uzaktaki evlere (cihazlara) daha az gerilim gitmektedir. Yani uzaklık arttıkça gerilim düşümü de artmaktadır. Bu yoruma göre (a) şıkkı doğrudur.

İletkenin kesiti, *su borusunun çapı* ile eşleştirilebilir. Daha büyük çaplı borunun daha fazla su taşıma kapasitesi olduğunu hepimiz biliriz. Öyleyse daha büyük kesitli (daha kalın) iletkenin akım taşıma kapasitesi de daha fazla olacaktır. Buna göre (b) şıkkı da doğrudur.

İletkenin kesitinin artması su borusunun çapının büyümesi ile benzeşir. Daha büyük boru, suyun akmasına daha az mukavemet gösterecektir. Yani iletken kesiti arttıkça direnç azalacaktır. (c) şıkkı da doğrudur.

İlk üç şık doğru olduğuna göre (d) şıkkı yanlıştır. Yani sorunun yanıtı (d) şıkkıdır.

Aynı soruyu formüllere dayanarak çözümleyelim:

- a) Gerilim düşümü = İletkenin direnci x iletkenin akımı

$$\Delta U = R \cdot I$$

İletkenin direnci = İletkenin uzunluğu / (kesit x özgül iletkenlik)

$$R = L / (q \cdot \chi)$$

R nin karşılığı ilk denkleme yerleştirilirse;

$$\Delta U = R \cdot I = L \cdot I / (q \cdot \chi) \text{ olur.}$$

Burada gerilim düşümünün (ΔU) iletkenin uzunluğu (L) ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. Yani uzunluk (L) arttıkça gerilim düşümü (ΔU) de artacaktır.

- b) İletkeni oluşturan malzemenin özellikleri değişmediği sürece, daha büyük kesitli (yani daha kalın) kabloların (iletkenlerin) taşıyabileceği akımın miktarı da artar. Bunun illa ki formüllerle anlatılması gereksizdir.

- c) İletkenin direnci = İletkenin uzunluğu / (kesit x özgül iletkenlik)

$$R = L / (q \cdot \chi)$$

Burada direncin (R) kesit (q) ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Yani kesit (q) arttıkça direnç (R) azalacaktır.

- d) $\Delta U = R \cdot I = L \cdot I / (q \cdot \chi)$ olduğunu yukarıda belirtmiştik.

Burada gerilim düşümünün (ΔU) iletkenin kesiti (q) ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Yani kesit azaldıkça gerilim düşümü artacaktır.

Bu durumda "İletken kesiti azaldıkça gerilim düşümü azalır" ifadesi yanlıştır.

Yukarıdaki formüllere ve ilgili yorumlara göre de sorunun yanıtı (d) şıkkıdır.

SORU 11: Aşağıdakilerden hangisi yanlıştır? Neden?

- a) Daha kalın iletken daha az gerilim düşümü demektir.
- b) Daha ince iletken daha küçük akım taşıma kapasitesi demektir.
- c) Daha uzun iletken daha çok gerilim düşümü demektir.
- d) Daha kalın iletken daha küçük direnç demektir.
- e) Daha ince iletken daha büyük iletkenlik demektir.

YANIT:

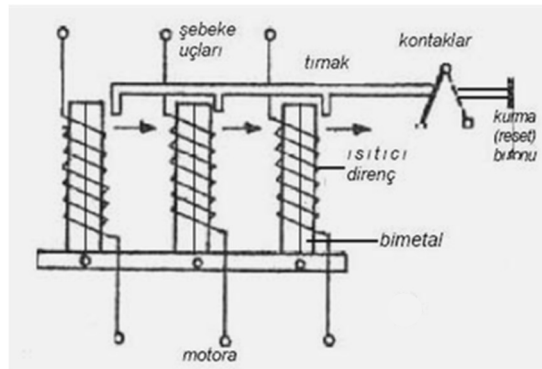
Tüm şıkları teker teker inceleyerek basit yorumlar yaparak hangilerinin neden doğru ve hangisinin de neden yanlış olduğunu bulalım.

- a) Daha kalın iletken, yani kesiti daha büyük olan iletken elektrik akımını daha rahat ve daha kolay iletir. Böyle olunca gerilimde daha az düşüş olması mantıklı bir sonuç olur.
- b) Daha ince iletkeni, yani kesiti daha küçük olan iletkeni su boruları gibi düşünülerek (ince yani küçük çaplı su borusunun kalın yani büyük çaplı su borusuna göre daha az su taşıyabilmesi) daha az akım taşıma kapasiteli olarak düşünmek mantıklı bir değerlendirme olur.
- c) Gerilim düşümünün hattın uzunluğu ile doğru orantılı olduğunu biliyoruz, öyle olmasa elektrik kurumu sık aralıklarla trafolar koymaz, çok büyük güçte tek bir trafo kullanarak tüm şehri beslerdi. İletken daha uzun ise gerilim düşümü bir o kadar daha büyük olacaktır.
- d) İletken ne kadar kalın yani büyük kesitli olursa içerisinden geçireceği elektriğe o kadar az zorluk yani direnç gösterecektir. Tıpkı su boruları gibi: Bir su motoru dakikada 100 litre suyu ½ inçlik borudan basarken zorlanırken 1½ inçlik borudan basarken o kadar zorlanmayacaktır.
- e) İletkenlik, kolaylık gösterme olarak karşılık bulabilir. Elektrik akımı akarken iletkenin kesitinin küçülmesi (su borusunun incilmesi gibi) elektriğe daha fazla zorluk çıkarılması anlamına gelecektir. Yani daha ince iletken daha büyük direnç demek olur.

Yukarıda anlatılanlara bakarak (e) şıkkının yanlış olduğuna karar verebiliriz.

SORU 12: Elektrik motoru devrelerinde termik ne amaçla kullanılır? Kısaca açıklayınız.**YANIT:**

Elektrik motorları herhangi bir nedenle aşırı yüklendikleri takdirde sargıları ısınır. Termik, motor sargılarının ısınma nedeniyle yanmasını önlemek amacıyla kullanılır. Termik, bimetal adı verilen ve sıcaklık karşısında uzama katsayıları farklı olan iki metalin preslenmesi ile oluşur. Uzama katsayısı fazla olan, uzama katsayısı az olana doğru bükülür ve termik rölenin tırnağını iterek kontaklara konum değiştirir. Bunun sonucunda motoru çalıştıran kontaktörün enerjisi kesilir. Reset (kurma) butonuna basıldığında ise termik (aşırı akım rölesi) eski haline döner.



Termiğin basit şeması yukarıdaki gibidir.

SORU 13 Topraklamanın amacı nedir, kısaca açıklayınız.**YANIT:**

Elektrik tesislerinde topraklamanın amacı "*insan hayatının korunması*"dır. Elektrik tesisatlarında toprak kaçağını önlemek için çeşitli önlemler alınmaktadır. Buna karşın herhangi bir nedenle toprağa kaçak olacak olursa, bu tesisatı kullanan insanların can güvenliği için;

- Bu kaçak akımının tesisatı kullanan insan üzerinden değil daha kısa yoldan (toprağa bağlanacak topraklama iletkeni üzerinden) akmasını sağlamak ve
- Kaçak akımın büyüklüğü insan vücuduna tehlikeli boyutta ise çok kısa bir süre içerisinde (milisaniye mertebesinde) arızalı kısmın enerjisini kesmek gerekir.

Elektrikli cihazların herhangi bir elektrik kaçağı tehlikesine karşı gövdeleri bir iletkenle toprağa gömülü durumdaki topraklama sistemine bağlanır. Böylece cihazda elektrik kaçağı varsa, dokunduğumuzda elektrik akımı bizim üzerimizden değil, direnci daha düşük olan toprak hattı üzerinden geçer ve çarpılma tehlikesi ortadan kalkmış olur.

Topraklamanın görevini yapabilmesi için cihazın gövdesinden toprağa kadar olan elektriksel direncin yeterince düşük olması gerekir.

SORU 14 Hatları ve binaları yıldırıma karşı korumak için neler yapılabilir? Anlatınız**YANIT:**

Yıldırım, bulutlar arasında veya yeryüzü ile bulutlar arasında meydana gelen çok güçlü bir elektrik akımı ile potansiyel dengenin sağlanması olarak açıklanabilir. Yıldırım ile meydana gelen elektrik akımı birkaç mikrosaniye için 10kA ila 100kA arasında olabilir ve çok ciddi zararlara neden olabilir.

Yıldırımın etkileri doğrudan ve dolaylı olarak ikiye ayrılabilir:

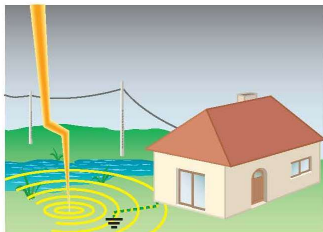
Doğrudan etkiler:

Yıldırımın doğrudan düştüğü yerde yarattığı etkilerdir.

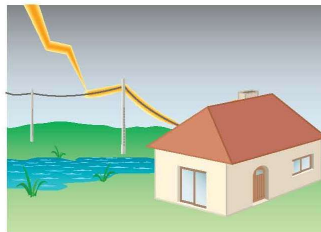


- Yıldırımın elektrik akımının yarattığı elektromanyetik ve termik etki.
- Havanın genleşmesi ve ısı değişikliği sebebiyle meydana gelen basınç etkisi
- Çok yüksek değerlere ulaşan elektrik arkı sebebiyle meydana gelen erimeler, yangınlar.

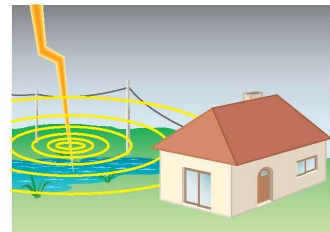
Yıldırımın doğrudan etkilerinden korunmak için (örneğin; binaları korumak için) paratoner kullanılır. Paratoner tesisatı, yıldırımın oluşturduğu akımı toprağa iletir.

Dolaylı etkiler:

Toprağa düşen yıldırımın elektrik etkisinin toprak hattı aracılığıyla binanın elektrik sistemine ulaşması



Elektrik tellerine düşen yıldırımın elektrik akımını çok yüksek seviyelere ulaştırması



Binaların yakınlarındaki bir su birikintisine (örn. göl) düşen yıldırımın yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar meydana getirerek, elektrik tesisatını etkilemesi.

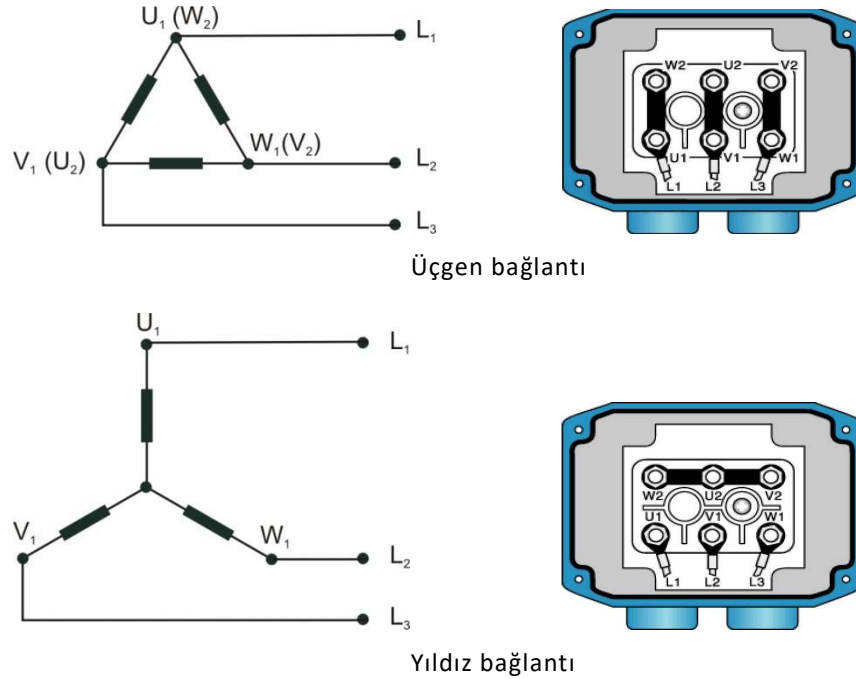
SORU 15 3 faz motor sargıları kaç şekilde ve nasıl bağlanır?

YANIT:

3 fazlı motorların sargıları 2 şekilde bağlanır:

- Üçgen bağlantı (bu bağlantıya delta bağlantı da denir) ve
- Yıldız bağlantı (bu bağlantıya star bağlantı da denir).

Bağlantı şema ve şekilleri aşağıdadır.



SORU 16 Tek kutuplu, iki kutuplu, üç kutuplu ve dört kutuplu devre kesicisi ne demektir? Birer örnek vererek açıklayınız.

YANIT:

Kesici bağlı olduğu devrenin akımı tehlikeli seviyeyi aştığında enerjiyi keser ve devreyi korur. Kesici yük altında veya yüksüz durumda istenirse el ile de açılabilir.

Tek kutuplu devre kesicisi yalnızca faz hattının enerjisini kesen devre kesicisidir. Örnek olarak dağıtım tablosu içerisinde lamba, priz vb. gibi devrelerin başına konan MCB'ler gösterilebilir.

İki kutuplu devre kesicisi faz ve nötr (veya iki faz) hatlarının aynı anda ikisinin birden enerjisini kesen devre kesicisidir. Örnek olarak sabit cihaz devrelerinin başına konan sigortalı veya sigortasız anahtarlar (heater switch vb.) gösterilebilir.

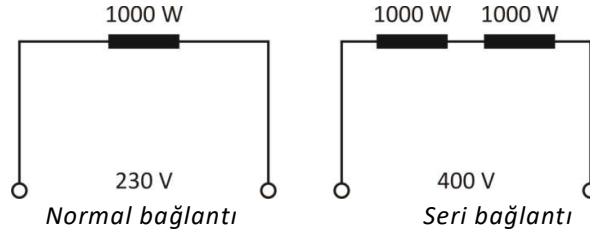
Üç kutuplu devre kesicisi 3 fazlı bir tesisatta fazların tümünün aynı anda (nötr hariç) enerjisini kesen devre kesicisidir. Örnek olarak 3 fazlı motor devrelerinin başına konan kesiciler gösterilebilir.

Dört kutuplu devre kesicisi 3 fazlı bir tesisatta tüm fazların ve nötrün aynı anda enerjisini kesen devre kesicisidir. Örnek olarak 3 fazlı toprak otomatikleri gösterilebilir.

SORU 17 2 adet 230V-1000W ütü seri bağlanarak ikisine birden 400V gerilim uygulanırsa belirli bir süre sonunda ütülerin normal bağlantı durumlarına göre ısınmaları hakkında ne diyebilirsiniz?

YANIT:

Öncelikle ütülerin normal çalışma ve paralel çalışma durumlarına ilişkin devreleri çizelim:



Ütünün direncine R diyelim. Normal çalışmada ütünün rezistansı (direnci) üzerinden;

$I_1 = U_1/R_1 = 230/R$ büyüklüğünde akım akacak ve ütü tasarlandığı seviyeye kadar ısınacaktır.

Seri çalıştırılmaları durumunda, dirençler de seri bağlanmış olacaklar ve ütülerin üzerinden aynı akım akacaktır. Bu durumda ütülerin dirençleri üzerinden;

$I_2 = U_2/R_2 = 400/2R = 200/R$ büyüklüğünde akım akacaktır.

Hesaplamalar gösteriyor ki seri bağlantı durumunda ütülerin dirençleri üzerinden daha küçük akım akacaktır. dirençler akım arttıkça daha fazla ısınırlar. Dolayısıyla normal bağlantı durumlarına göre daha az ısınacaklardır.

SORU 18 Işıklı kontrol kalemi ile tesisatın herhangi bir noktasında nötür iletkenine dokunulduğunda, kalemin ışığının yanması durumu için en az iki neden yazınız ve açıklayınız.

YANIT:

Işıklı kontrol kaleminin çalışma ilkesi, dokunulan nokta ile bastığımız zemin (toprak) arasında bir potansiyel (gerilim) farkının varlığına dayanır. Normal koşullarda nötür iletkeni toprak potansiyelinde olduğundan, yani nötür ile toprak arasında kayda değer bir gerilim değeri olmadığından kontrol kalemini nötüre dokundurduğumuzda ışığının yanmaması gerekir. Eğer yanarsa nötür iletkeninde bir sorun vardır. Şöyle ki;

- Dokunduğumuz yerden dağıtım tablosuna ve şebekeye doğru ilgili devrenin veya dağıtım tablosunun nötüründe bir temassızlık veya kopukluk varsa veya
- İlgili devrenin faz ve nötür iletkenleri ters bağlanmışlarsa kontrol kaleminin ışığı yanacaktır.

SORU 19 Elektrik akımına kapılan bir insana ilk yardım nasıl yapılır? Anlatınız.

YANIT:

- Öncelikle kendinizi düşünün ve elektriğe çarpılmakta olan kimseye asla doğrudan dokunmayın. Dokunursanız siz de çarpılırsınız!
- Eğer yakınıınızda ise hemen ana kesiciyi indirin ya da sigortayı çıkartın.
- Elektriği kesememişseniz kuru bir tahta ya da plastik ya da kemerle elektrik telini kazazededen uzaklaştırın ya da kazazedeyle elektrik kaynağından kurtarın.
- Kişiye elektrikten kurtardıktan sonra solunumuna ve nabzına bakın. Bunlar düzenliyse, hastayı sırtüstü yatırın. Elbiselerini varsa kravat ve kemerini gevşetin.
- Kazazedenin bilinci kapalı fakat soluk alıyorsa, şok durumunu önleyin, ayaklarını yukarı kaldırın. Ağız içini kontrol edin, ağzında takma diş, yabancı cisim varsa çıkarın.
- Elektrik çarpması kalp ve solunumu durdurabilir. Eğer böyle bir durum varsa yapay solunum ve kalp masajı yapın.
- Kazazedenin bilinci yerine gelse bile hemen yerinden kaldırmayın, çünkü aniden kalp yetmezliği ve ölüm gelişebilir.
- Kazazede iyice kendisine geldikten sonra ambulansla hastaneye gönderin. Asla ayağa kaldırmayın ve yürütmeyin.
- Elektriğin vücuda girip çıktığı noktalarda yüzeysel deri yanıkları olabilir. Bunlar dışarıdan küçük görülseler bile vücut içinde daha büyük yanıklar olabilir. Bu nedenle kesinlikle doktora başvurun.

SORU 20 Elektrik akımına kapılan bir insanın vücudunda ne gibi değişiklikler olabilir? Açıklayınız.

YANIT:

İnsan vücudu elektrik akımını iletir. 50 volttan daha büyük gerilimler insan için tehlikelidir.

Elektrik akımının insan vücudu üzerindeki etkilerini şöyle sıralayabiliriz:

- Kanda ayrışma: Elektrik akımı vücutta elektroliz olayı meydana getirebilir.
- Şok, şuur kaybı: Çarpılma ile meydana gelen kaslardaki kramp ve sinir sisteminde şok etkisi görülebilir.
- Geçici körlük: Yüksek gerilimde patlama şeklinde arklar meydana gelebilir. Bu durumda gözlerde geçici körlük oluşabilir.
- Yanıklar: Yanık iki şekilde olabilir;
 - Elektrik arki ile oluşan dış yanıklar,
 - Akımın vücut üzerinden geçmesi ile meydana gelen yanıklar.
- Böbreklerde etki: Elektrik akımı böbrek üzerinden devresini tamamlar ise kramp ve ısıdan dolayı böbreklerin çalışma düzeni bozulur.
- Kaslarda meydana gelen kasılma ve kramplar (solunumun durması): Kaslarda meydana gelebilecek kasılmalar sonucunda akciğerler sıkışarak solunumun durması söz konusu olabilir.
- Kalbin çarpma düzeninin bozulması: Kalbin dakikadaki atma sayısı 10 kata kadar çıkarak kan dolaşımı aksayabilir.

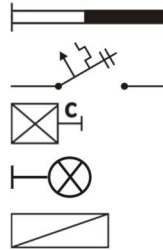
SORU 21 Aşağıdaki devre elemanlarının sembollerini çiziniz.

- Waterproof fluoresan
- Çift kutuplu MCB
- Cooker switch
- Duvar globu
- Tali pano

YANIT:

İstenen semboller aşağıdaki gibidir:

- Waterproof fluoresan
- Çift kutuplu MCB
- Cooker switch
- Duvar globu
- Tali pano



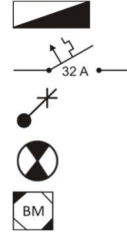
SORU 22 Aşağıdaki devre elemanlarının EMO proje düzenleme esaslarına göre sembollerini çiziniz.

- Ana dağıtım tablosu
- 32A MCB
- Ara anahtar
- Aspiratör
- Bulaşık makinası

YANIT:

İstenen semboller aşağıdaki gibidir:

- a) Ana dağıtım tablosu
- b) 32A MCB
- c) Ara anahtar
- d) Aspiratör
- e) Bulaşık makinası

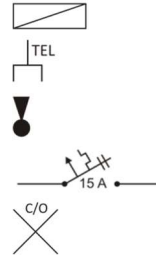
**SORU 23** Aşağıdaki devre elemanlarının sembollerini çiziniz.

- a) İkincil (tali) dağıtım tablosu
- b) Telefon prizi
- c) Dimmer anahtar
- d) 15A D/P MCB
- e) C/O toprak otomatığı

YANIT:

İstenen semboller aşağıdaki gibidir:

- a) İkincil (tali) dağıtım tablosu
- b) Telefon prizi
- c) Dimmer anahtar
- d) 15A D/P MCB
- e) C/O toprak otomatığı

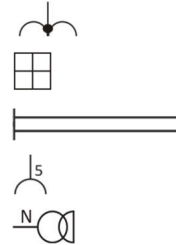
**SORU 24** Aşağıdaki devre elemanlarının sembollerini çiziniz.

- a) 2x13A priz
- b) DOL starter
- c) Fluoresan lamba
- d) 5A tekli priz
- e) Traş prizi

YANIT:

İstenen semboller aşağıdaki gibidir:

- a) 2x13A priz
- b) DOL starter
- c) Fluoresan lamba
- d) 5A tekli priz
- e) Traş prizi

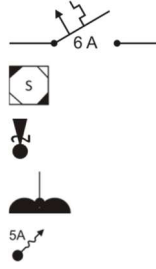
**SORU 25** Aşağıdaki devre elemanlarının sembollerini çiziniz.

- a) 6A MCB
- b) Semaver anahtarı
- c) Vaeviyen dimmer anahtar
- d) Non standart anahtarlı ikili priz
- e) Çekmeli (ipli) anahtar

YANIT:

İstenen semboller aşağıdaki gibidir:

- a) 6A MCB
- b) Semaver anahtarı
- c) Vaeviyen dimmer anahtar
- d) Non standart anahtarlı priz
- e) Çekmeli (ipli) anahtar

**SORU 26** Aşağıdaki devre elemanlarının sembollerini çiziniz.

- a) Waterproof priz
- b) Vaeviyen anahtar
- c) Merdiven otomatığı düğmesi
- d) Sayaç dolabı
- e) Projektör

YANIT:

İstenen semboller aşağıdaki gibidir:

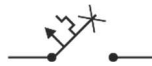
- a) Waterproof priz
- b) Vaeviyen anahtar
- c) Merdiven otomatığı düğmesi
- d) Sayaç dolabı
- e) Projektör

**SORU 27** Aşağıdaki devre elemanlarının sembollerini çiziniz.

- a) RCBO
- b) Havuz lambası
- c) Geçiş kutusu
- d) Sayaç dolabı
- e) W/P priz

YANIT:

- a) RCBO



- b) Havuz lambası



- c) Geçiş kutusu



- d) Sayaç dolabı



- e) W/P priz



SORU 28 Aşağıdaki denkliklerin karşı taraflarını doldurunuz:

- a) 1 W = kW
- b) 10 A = mA
- c) 5 mF = μ F
- d) 20 k Ω = M Ω
- e) 132 kV = mV

YANIT:

k (kilo) = 1000 = 10^3

M (mega) = 1000000 = 10^6

m (mili) = 1/1000 = 10^{-3}
kısaltmalardır.

μ (mikro) = 1/1000000 = 10^{-6} anlamında

Buna göre;

μ (mikro) = 1/1000 m (mili)

m (mili) = 1000 μ (mikro)

k (kilo) = 1/1000 M (mega)

M (mega) = 1000 k (kilo) eşleştirmeleri yapılabilir.

- a) 1 W = 1/1000 kW = $1 \cdot 10^{-3}$ kW = 0,001 kW
- b) 10 A = 10000 mA = $1 \cdot 10^4$ mA
- c) 5 mF = 5000 μ F = $5 \cdot 10^3$ μ F
- d) 20 k Ω = 20/1000 M Ω = 0,02 M Ω = $2 \cdot 10^{-2}$ M Ω
- e) 132 kV = 132000000 mV = $132 \cdot 10^6$ mV = $1,32 \cdot 10^8$ mV dur.

SORU 29 Aşağıdaki eşitliklerin karşı tarafını doldurunuz.

- a) 2,6 V = mV
- b) 4,4 F = μ F
- c) 100 W = kW
- d) 350 A = kA
- e) 11 km = cm

YANIT:

k (kilo) = 1000 = 10^3

m (mili) = 1/1000 = 10^{-3}

μ (mikro) = 1/1000000 = 10^{-6}

anlamında kısaltmalardır.

Buna göre;

- a) 2,6 V = 2600 mV
- b) 4,4 F = 4400000 μ F = $4,4 \cdot 10^6$ μ F
- c) 100 W = 0,1 kW
- d) 350 A = 0,35 kA
- e) 11 km = 1100000 cm = $11 \cdot 10^5$ cm dir.

SORU 30 Aşağıdaki eşitliklerin karşı tarafını doldurunuz.

- a) 28 mV = V
- b) 185 μ F = F
- c) 1,5 MW = kW
- d) 0,75 kA = A
- e) 1350 cm = km

YANIT:

k (kilo) = 1000 = 10^3 m (mili) = $1/1000 = 10^{-3}$ μ (mikro) = $1/1000000 = 10^{-6}$ ve
 M (mega) = 1000000 = 10^6 anlamında kısaltmalardır.

Buna göre;

- a) 28 mV = 0,028 V
- b) 185 μ F = 0,000185 F
- c) 1,5 MW = 1500 kW
- d) 0,75 kA = 750 A
- e) 1350 cm = 0,0135 km dir.

SORU 31 Aşağıdaki denkliliklerden hangisi yanlıştır? Doğrusu ne olmalıdır?

- f) 1 W = 0,000001 MW
- g) 10 mA = 0,01 A
- h) 5 mF = 5000 μ F
- i) 20 M Ω = 20000 Ω
- j) 132 kV = 132000 V

YANIT:

- a) MW (megawatt) milyon watt demektir. O zaman watt, milyonda bir megawatt demek olur. Öyleyse noktadan sonra 5 adet sıfır olmalıdır. Şık doğrudur.
- b) mA (miliamper) amperin binde biri demektir. O zaman 10 mA da amperin yüzde biridir. O zaman şık doğrudur.
- c) mF (milifarad) faradın binde biri, μ F (mikrofarad) ise faradın milyonda biri demektir. O zaman mF, 1000 μ F demek olur. 5 mF da 5000 μ F olmalıdır. Şık doğrudur.
- d) M Ω (megaohm) milyon ohm demektir. 20 M Ω da yirmi milyon ohm eder. Şıkta 20000 (yirmi bin) ohm yazılmıştır. **Yani (d) şıkkı yanlıştır.** 20 M Ω = 20000000 Ω olmalıydı.
- e) kV (kilovolt) bin volt demektir. 132 kV da 132000 volt eder. Şık doğrudur.

SORU 32 Aşağıdaki sembol ve kısaltmalar size neyi ifade eder? Açıklayınız.

- a) M Ω
- b) μ F
- c) cm²
- d) kWh
- e) mH

YANIT:

- a) Ω (ohm) direnç birimidir. M Ω (mega ohm) ise bir milyon ohm demektir. Bu büyüklükteki direnç değerleri *yalıtım direnci* olarak tanımlanır. M Ω ile ifade edilen değerler, ölçümü yapılan malzeme veya cihazın yalıtım (izolasyon) direncini anlatır.
- b) F (farad) kapasite (sığa) birimidir. μ F (mikro farad) ise milyonda bir farad demektir. Küçük kondansatörlerin kapasitesini belirtmek için kullanılır.
- c) m² (metre kare) alan birimidir. 1 m = 100 cm dir. O zaman 1 m² = 10000 cm² olur. Yani cm² (santimetre kare) on binde bir m² (metre kare) demektir. Alan belirtmek için kullanılır.
- d) kWh (kilowatt saat) enerji birimidir. Tüketilen aktif enerjinin miktarını belirtmek için kullanılır. 1000Wh (watt saat) demektir.
- e) H (henry) endüktans birimidir. mH (mili henry) ise henry'nin binde biri demektir.

- SORU 33:** a) Regülatör nedir, ne amaçla kullanılır? Örnek veriniz.
b) İnverter nedir, ne amaçla kullanılır? Örnek veriniz.

YANIT:

- a) **Regülatör**, çeşitli nedenlerle şebekede meydana gelen gerilim düşmelerinden veya yükselmelerinden dolayı ev, işyeri, fabrika vb. yerlerdeki cihazların zarar görmesini önlemek ve bu cihazlardan azami ölçüde verim alabilmek amacıyla üretilen elektronik veya elektromekanik gerilim düzenleyicisidir. Regülatörler tek fazlı veya üç fazlı olarak üretilirler. *Statik* regülatör, *servo* regülatör ve *mikro işlemcili* regülatör olarak 3 çeşidi vardır.
- b) **İnverter**, aküdeki DC gerilimi evlerde kullandığımız alternatif gerilime çeviren cihazdır. Başka bir deyişle inverterler 12, 24 veya 48 V DC akü gerilimini AC şebeke gerilimine çevirirler. Böylece inverter vasıtasıyla evlerde kullandığımız televizyonlar, aydınlatma lambaları, bilgisayarlar veya elektrikli el aletleri araba ve tekne gibi şebeke elektriğinin olmadığı ortamlarda çalıştırılabilirler.

- SORU 34:** Aşağıdakiler size neyi ifade ederler ve nerelerde kullanılırlar?

- a) Paratoner
b) Parafudur
c) İzolatör
d) Pako şalter
e) Makaron

YANIT:

- a) **Paratoner**, yıldırımı doğrudan toprağa iletmeyi amaçlayan sivri uçlu metal bir çubuk ve bağlantı aksamından oluşan ve adına **yıldırım savar** da denilen bir elemandır. Yüksek binalarda kullanılır.
- b) **Parafudur**, elektrik hatları üzerine düşen yıldırım akımının hatlara ve kullanıcılara zarar vermeden en kısa yoldan toprağa boşalmasını amaçlayan bir elemandır. Yeraltı kablolarının havai hatlara bağlandığı noktalarda, yüksek gerilim hatlarında ve gerek görüldüğü zamanlarda alçak gerilim hatlarında kullanılır.
- c) **İzolatör**, gerilim taşıyan hatları ve/veya baraları tespit edildikleri (tutturuldukları) yerden yalıtan elemanlardır. İzolatörler elektrik akımına karşı büyük direnç gösteren malzemelerden yapılırlar. Havai hatlarda, şalt sahalarında ve büyük AG panolarında kullanılırlar. Porselen, cam, silikon ve epoksi reçineli malzemeden yapılabilirler.
- d) **Pako şalter**, paket tipi şalter demektir. Kademe kademe gövde içerisinde dönen bıçakların farklı kontak bağlantıları ile çeşitli amaçlara yanıt verebilen bir anahtar çeşididir. 1, 2, 3 ve 4 kutuplu olarak üretilirler. Yıldız-üçgen şalter, enversör şalter (change-over), cihaz kesicisi vs. gibi amaçlarla kullanılabilirler.
- e) **Makaron**, elektrik devrelerinde yalıtım sağlamak için kullanılan pratik bir malzemedir. Boru şeklinde cam elyafı, silikon, pamuk veya plastikten yapıp üzerine yalıtım verniği emdirilmiştir. Çoğunlukla kabloların soyulmuş damarlarına giydirilir. Çok çeşitli renklerde üretilir. Isıtılınca büzüşen çeşitleri de vardır.

- SORU 35:** Aşağıdakiler size neyi ifade ederler ve nerelerde kullanılırlar?

- a) Flexible kablo
b) Eğme sustası
c) Termostat
d) Lamba kutusu
e) Kablo pabucu

YANIT:

- a) **Flexible kablo**, bükülgen kablo demektir. Kolaylıkla bükülebilien, esnek, ince kesitli çok telden oluşmuş PVC yalıtımlı kablodur. Çamaşır makinası-bulaşık makinası-buzdolabı-elektrikli soba gibi aygıtlarda, bina dışı devrelerde (özellikle aydınlatma devrelerinde), askı (adi) lâmba ve avize bağlantılarında, kumanda devrelerinde ve uzatma kablosu gerektiren işlerde kullanılır.
- b) **Eğme sustası**, PVC elektrik tesisat borularının iç çapı küçültülmeden düzgün bir şekilde bükülebilmesini sağlayan bir el aletidir. Tesisat borularının şekillendirilmesinde kullanılır.
- c) **Termostat**, katı, sıvı ve gaz maddelerin ısını istenilen değerde ve belirlenen aralıklarda tutmak amacıyla kullanılan mekanik, elektronik veya elektromekanik devre elemanına verilen isimdir. Bir tür anahtardır. Termostatın kullanım alanları arasında merkezi ısıtma sistemleri, elektrikli ütüler, çamaşır makinaları, bulaşık makinaları, su ısıtıcıları, buzdolapları, dondurucular ve fırınlar sayılabilir.
- d) **Lamba kutusu**, lamba noktalarında genellikle beton/sıva içerisine yerleştirilen, lambayı besleyen kabloların borular aracılığı ile giriş yaptığı, içerisinde armatür bağlantıları yapılan, metal veya PVC malzemeden üretilen genellikle dairesel kesitli tesisat malzemesidir. Lamba devrelerinde kullanılır.
- e) **Kablo pabucu**, her türlü kablonun kolayca ve sağlıklı bir şekilde bağlanmasını sağlayan bir elemandır. Genellikle bakır veya alüminyumdan imal edilir. Kablo üzerine özel alet ile sıkılmak suretiyle kullanılır.

SORU 36: Aşağıdakiler size neyi ifade ederler ve nerelerde kullanılırlar?

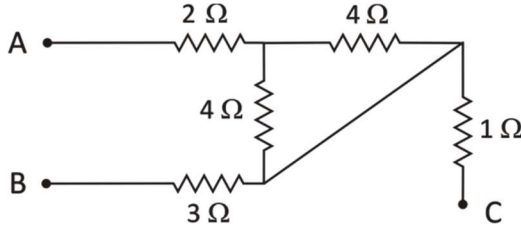
- a) Soft starter
- b) MCCB+ELCB
- c) UPS
- d) Trunking
- e) Redresör

YANIT:

- a) **Soft starter** kelime anlamıyla da tamamıyla uyuşan, **yumuşak yolverici** dediğimiz aygıttır. Motorların kalkış (yol alma) akımlarına sınırlama getirildiğini biliyoruz. Bu amaç için çeşitli tipte yol verme elemanı kullanılmaktadır. Soft starter de bunlardan biridir. Bazı yol vericiler sargıların bağlantı şekillerini, bazıları sargılara uygulanan gerilim değerlerini değiştirirerek bazıları da sargılara ek elemanlar (yol verme dirençleri) bağlayarak kalkış akımını sınırlarken soft starterler elektronik devrelerle akım sınırlaması yapar. Asenkron motorlarda kullanılırlar.
- b) **MCCB+ELCB, Moulded Case Circuit Breaker + Earth Leakage Circuit Breaker** terimlerindeki kelimelerin ilk harflerinin kısaltılmış halidir. Termik ve magnetik korumalı ve aynı zamanda toprak otomatiği görevi de yapan devre kesicisi demektir. Hassas koruma elemanı olarak genellikle ana kesici olarak kullanılır.
- c) **UPS, Uninterruptible Power Supply** terimlerindeki kelimelerin ilk harflerinin kısaltılmış halidir. Türkçe karşılığı **Kesintisiz Güç Kaynağı**'dır. UPS, beslediği elektrikli bir aygıtı, elektrik kesintisinin olduğu durumlarda içerisinde bulunan kuru akü grubu ve DC/AC dönüştürücü elektronik devre vasıtası ile kesinti yaşatmadan beslemeye vermeye devam eder. Kesintisiz güç kaynağı sürekli devrede kalır ve elektrik kesintilerinde kesintinin yük tarafından hissedilmesini engeller. Bunun dışında şebekede meydana gelebilecek dalgalanmalardan, istenmeyen bozucu etkilerden yükü korur.
- d) **Trunking**, genellikle dikdörtgen kesite sahip, içerisine çekilmiş olan kabloları koruyan ve diğer elektrik donanımını içinde muhafaza eden bir tarafı açılabilen veya menteşeli olan kapalı mahfazadır. Türkçe karşılığı **kablo oluğu** olarak tanımlanabilir.
- e) **Redresör**, alternatif akımı doğru akıma dönüştüren cihazdır. Türkçe tam karşılığı **doğrultmaç** olarak verilebilir. Yaygın olarak enerji yedeklemesi (şarj), güvenlik ve acil

aydınlatma sistemlerinde kullanılır. Bilgisayar içindeki güç kaynaklarından jeneratörlere kadar pek çok alanda kullanılır.

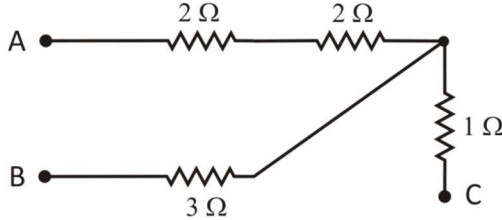
SORU 37: Aşağıdaki devrede ohmmetre ile A-B-C arasında ölçmeler yapılacaktır.



- A-B arasındaki ölçümde,
- A-C arasındaki ölçümde ve
- B-C arasındaki ölçümde ohmmetre kaç ohm değer gösterecektir?

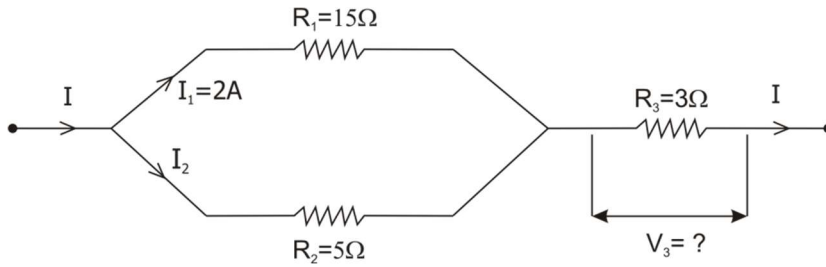
YANIT:

Devreye iyi bakılırsa 4 Ω luk dirençlerin paralel bağlı oldukları anlaşılabılır. Paralel bağlı 2 adet 4 Ω luk direnç yerine eşdeğer direnç olarak bir adet 2 Ω luk direnç konabilir. Bu durumda devre aşağıdaki gibi basitleşmiş olur.



- A-B arasında 2 adet 2 Ω ve 1 adet 3 Ω direnç seri olarak sıralanmış durumdadır. Buna göre A-B arasındaki ölçümde $2+2+3 = 7 \Omega$ okunacaktır.
- A-C arasında 2 adet 2 Ω ve 1 adet 1 Ω direnç seri olarak sıralanmış durumdadır. Buna göre A-B arasındaki ölçümde $2+2+1 = 5 \Omega$ okunacaktır.
- B-C arasında 1 adet 3 Ω ve 1 adet 1 Ω direnç seri olarak sıralanmış durumdadır. Buna göre A-B arasındaki ölçümde $3+1 = 4 \Omega$ okunacaktır.

SORU 38: Aşağıdaki devrede 15Ω luk direnç üzerinden 2A akım akmaktadır.



- I_2 akımı kaç amperdir?
- 3 Ω luk direncin uçları arasındaki gerilim farkı kaç voltur?

YANIT:

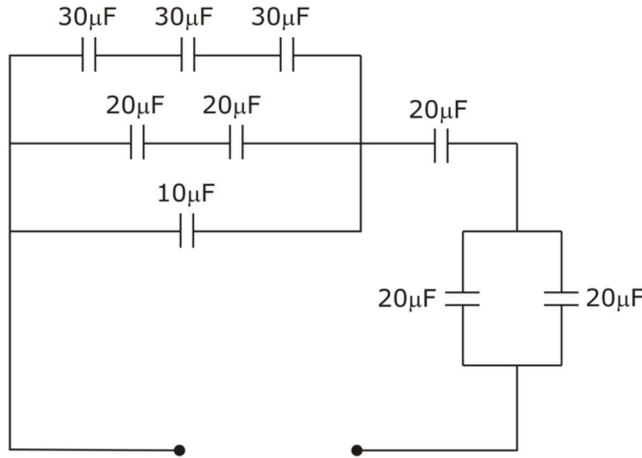
- I_1 akımı 2 A olduğuna göre 15 Ω luk direnç üzerindeki gerilimin değeri $V = R \cdot I$ formülünden hareketle $V_1 = 15 \Omega \times 2 A = 30 V$ olarak hesaplanır.

15 Ω luk direnç ile paralel bağlı olduğundan gerilim değerleri eşittir. Yani 5 Ω luk direnç üzerinde de 30 V gerilim vardır.

Bu durumda I_2 akımı $I = V/R$ formülü ile $I_2 = 30 V / 5 \Omega = 6A$ olarak hesaplanır.

- b) I akımı I_1 ve I_2 akımlarının toplamına eşittir. Yani $I_2 = 2 + 6 = 8$ A dir. 3Ω luk direncin üzerinden $I_2 = 8$ A akım akmaktadır. Buna göre 3Ω luk direncin uçları arasındaki gerilim farkı $V = R.I$ formülü ile $V_3 = 3 \Omega \times 8 \text{ A} = 24 \text{ V}$ olarak hesaplanır.

SORU 39: Aşağıdaki devrenin eşdeğer kapasitesi kaç mikrofaraddır?



YANIT:

Devreden görülebileceği üzere üst tarafta yer alan 3 adet $30 \mu\text{F}$ kondansatör seri bağlıdır. Aynı şekilde onların altındaki 2 adet $20 \mu\text{F}$ kondansatör de seri bağlıdır. Devrenin sağ tarafındaki 2 adet $20 \mu\text{F}$ kondansatör ise paralel bağlıdır.

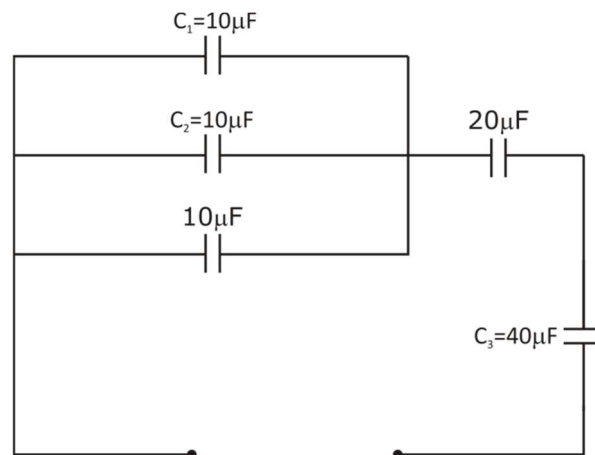
Aynı büyüklükteki n adet kondansatör seri bağlanırsa eşdeğer kapasite $C_t = C/n$ değerindedir.

Buna göre devredeki gibi 3 adet $30 \mu\text{F}$ kondansatör seri bağlanınca eşdeğer kapasite $C_1 = 30/3 = 10 \mu\text{F}$ ve 2 adet $20 \mu\text{F}$ kondansatör seri bağlanınca eşdeğer kapasite $C_2 = 20/2 = 10 \mu\text{F}$ olarak hesaplanır.

Aynı büyüklükteki n adet kondansatör paralel bağlanırsa eşdeğer kapasite $C_t = C \cdot n$ değerindedir.

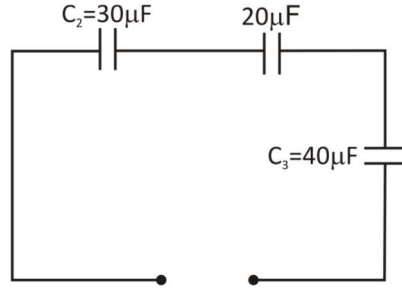
Buna göre devredeki gibi 2 adet $20 \mu\text{F}$ kondansatör paralel bağlanınca eşdeğer kapasite $C_3 = 20 \times 2 = 40 \mu\text{F}$ olarak hesaplanır.

Hesaplanan C_1 , C_2 ve C_3 değerleri devre şemasında yerine konursa aşağıdaki daha basit durum elde edilir.



Yukarıdaki devrede 3 adet $10 \mu\text{F}$ kondansatörün paralel bağlı olduğu görülmektedir. Bunların yerine $3 \times 10 = 30 \mu\text{F}$ değerinde tek kondansatör kullanılabilir.

Bu duruma göre devrenin en basit şekli aşağıdaki gibidir:



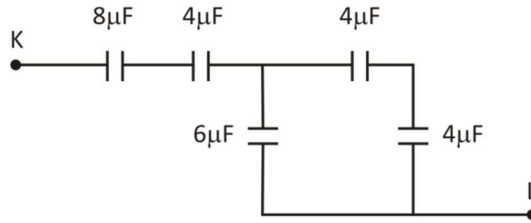
Gelinen aşamada 20 μF , 30 μF ve 40 μF değerinde 3 adet kondansatörün seri bağlı olduğu duruma göre hesaplama yapacağız.

Seri bağlı 3 adet kondansatörün eşdeğer kapasitesi;

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \text{ formülü ile hesaplanır. Değerler yerine konursa,}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{40} = 0,05 + 0,033 + 0,025 = 0,108 \text{ ve } C_t = \frac{1}{0,108} \cong 9,25 \mu\text{F} \text{ olarak hesaplanır.}$$

SORU 40: K-L arasındaki sığa kaç μF dır?

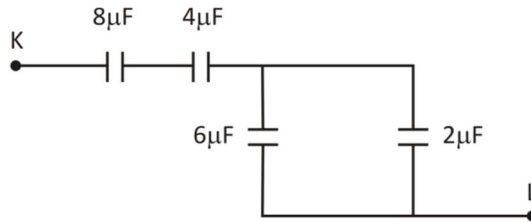


YANIT:

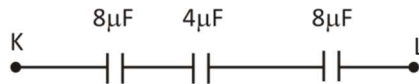
Sağ tarafta yer alan 2 adet 4 μF kondansatör seri bağlıdır. Aynı büyüklükteki n adet kondansatör seri bağlanırsa eşdeğer kapasite $C_t = C/n$ değerindedir.

Buna göre devredeki gibi 2 adet 4 μF kondansatör seri bağlanınca eşdeğer kapasite 2 μF olur.

Bu değeri şemaya yerleştirirsek devre aşağıdaki şekle dönüşür:



Burada 6 μF ve 2 μF kondansatörler paralel bağlıdır. Paralel bağlı kondansatörlerde eşdeğer kapasite kondansatör kapasitelerinin toplamına eşittir. Buna göre 6 μF ve 2 μF kondansatörler yerine 1 adet 8 μF kondansatör konabilir. Devremiz şimdi de şöyle olacaktır.



Son durumda seri bağlı 2 adet 8 μF kondansatör yerine eşdeğer kapasite olarak 4 μF konabilir. Böylece en son olarak 2 adet 4 μF kondansatörün seri bağlı hali oluşur ve toplam sığa (kondansatör kapasitesi) 2 μF olarak bulunur.

SORU 4 7/1,35mm olarak ifade edilen örgülü iletkenin kesiti kaç mm² dir? Hesaplayınız.

YANIT:

7 rakamı bu iletkenin 7 telli olduğunu anlatır.

1,35 rakamı her bir telin çapının 1,35 mm olduğunu anlatır.

İletkenin kesitini bulmak için her bir telin kesitini bulup 7 ile çarpmamız gerekir.

Dairesel kesitte çap biliniyorsa alan şu formül ile hesaplanır: $A = \pi \cdot D^2 / 4$

Burada $\pi = 3,1415$ değerinde bir matematiksel sabit sayı ve D ise telin çapıdır.

D = 1,35mm olduğuna göre bir telin kesiti;

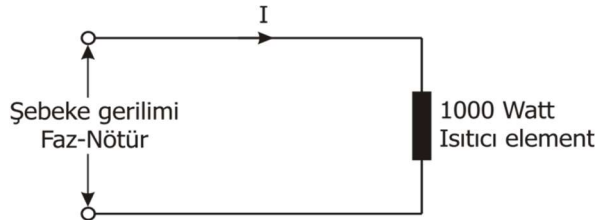
$A = 3,1415 \times (1,35)^2 / 4 = 3,1415 \times 1,8225 / 4 = 5,7255 / 4 = 1,4313 \text{ mm}^2$ olur.

İletkenimiz 7 telden oluştuğuna göre toplam kesit;

$A_t = 7 \times A = 7 \times 1,4313 = 10,01 \text{ mm}^2$ olarak hesaplanır.

İletkenin anma kesiti 10 mm² dir.

SORU 4 Aşağıdaki devrede I akımını hesaplayınız.



YANIT:

Şebeke gerilim değeri verilmemiş. Bu demektir ki KKTC'nin şebekesine göre işlem yapacağız. Yani $U = 240 \text{ V}$ alınacaktır.

1000 W ısıtıcı elementin nominal gerilim değeri de verilmemiş. Burada da yukarıdaki gibi ülkemizin gerilim değeri esas alınacaktır. Yani element, kendi çalışma gerilimindeki çalıştırılacaktır.

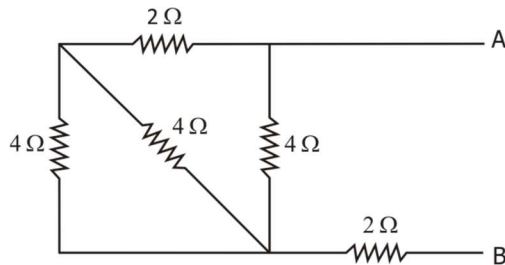
Watt aktif gücün birimidir. Aktif güç formülü şöyledir:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\phi$$

Isıtıcı elementin gücü sözkonusu ise, element omik direnç olduğundan $\cos\phi=1$ olacaktır. O zaman:

$P = U \cdot I$ yazılabilir. Buradan da $I = P / U = 1000 / 240 = 4,16$ amper olarak hesaplanır.

SORU 4 Aşağıdaki devrede A-B arasındaki eşdeğer direnci hesaplayınız.



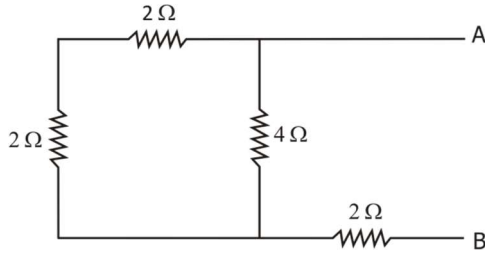
YANIT:

Devredeki dirençlerin bağlantı biçimlerine ve direnç değerlerine iyice bakarsak kâğıt kalem kullanmadan kafadan işlem yaparak kısa sürede eşdeğer direnci bulabiliriz.

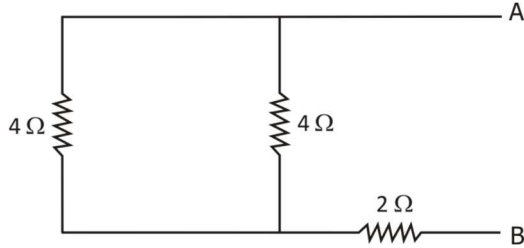
Şöyle ki:

Sol taraftaki 2 adet 4 Ω luk direnç paralel bağlıdır.

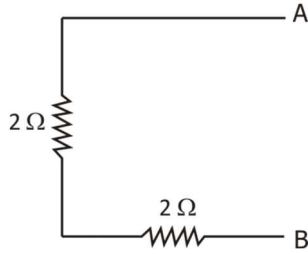
Bunların yerine eşdeğer olarak 2 Ω luk tek direnç düşünebiliriz. O zaman devre aşağıdaki gibi olur:



Yine rahatça görüyoruz ki solda ve üstte yer alan 2 adet $2\ \Omega$ direnç seri bağlıdır. Bunların yerine bir adet $4\ \Omega$ luk direnç yerleştirebiliriz. O zaman devremiz aşağıdaki şekle girer:

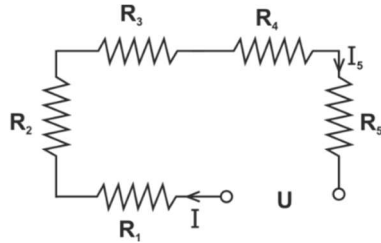


Son durumda görüyoruz ki 2 adet $4\ \Omega$ luk direnç paralel konumdadır. Bunların yerine 1 adet $2\ \Omega$ luk direnç koyarsak devre şöyle olur:



En son duruma göre seri bağlı 2 adet $2\ \Omega$ direnç yani toplamda $4\ \Omega$ direnç, A-B arasındaki eşdeğer direnç değeridir.

SORU 4: Aşağıdaki devrede $R_1=2\ \Omega$, $R_2=1\ \Omega$, $R_4=3\ \Omega$, $R_5=1\ \Omega$, $U=100\ \text{V}$ ve $I=10\ \text{A}$ olarak veriliyor.



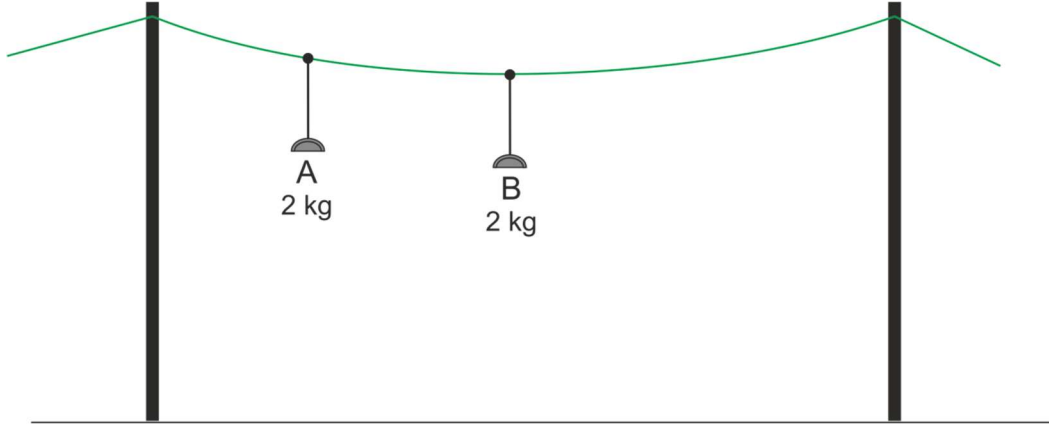
- Eşdeğer direnci hesaplayınız.
- R_3 direncini hesaplayınız.
- I_5 akımını hesaplayınız.
- R_4 direnci üzerindeki gerilimi hesaplayınız.
- R_2 direnci üzerinde harcanan gücü hesaplayınız.

YANIT:

- Gerilim (U) = $100\ \text{V}$ ve akım (I) = $10\ \text{A}$ olduğuna göre;
Eşdeğer direnç $R_e = U / I = 100 / 10 = 10\ \Omega$ dur.
- Devredeki tüm dirençler seri olarak bağlanmıştır. Bu da demektir ki tüm dirençlerin toplamı eşdeğer direnç değeri edecektir.
 $R_e = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$
 $10 = 2 + 1 + R_4 + 3 + 1 = 7 + R_4$
 $R_4 = 10 - 7 = 3\ \Omega$ olarak hesaplanır.
- Tüm dirençler seri olarak bağlandıkları için $10\ \text{A}$ değerindeki I akımı tüm dirençler üzerinden akacaktır. Yani $I_5 = I = 10\ \text{A}$ dir.

- d) R_4 üzerindeki gerilim, R_4 direnci ile bu direnç üzerinden akan akımın çarpımına eşittir. Yani $V_4 = R_4 \cdot I_4 = 3 \times 10 = 30$ V olur.
- e) $P_2 = U \cdot I_2 = I^2 \cdot R = 10^2 \times 1 = 100$ W olarak hesaplanır.

SORU 4 Açık alanda yapılması tasarlanan bir düğün için geçici olarak dikilen direkler arasına çekilmiş halatlar üzerine her biri 2 kg ağırlığında olan aydınlatma armatürleri monte edilecektir. Önce A noktasına bir armatür monte edilmiştir. Diğer armatür iki direğin tam ortası olan B noktasına monte edildiğinde A noktasındaki armatür yere doğru alçalacak mı yoksa yükselecek mi? Neden?



YANIT:

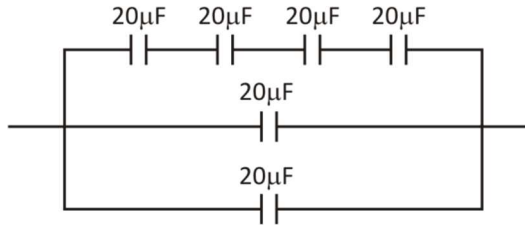
B noktasına asılacak olan armatürün ağırlığı halatı gergileyecek ve önceden asılmış durumda olan A armatürünün yukarıya doğru yer değiştirmesine (yükselmesine) neden olacaktır.

SORU 4 Kondansatörünün arızalandığını tespit ettiğiniz tek fazlı bir motor için $45 \mu\text{F}$ değerinde kondansatör kullanmanız gerekiyor. Elinizde yalnızca $20 \mu\text{F}$ kondansatörler bulunmaktadır. Bu motorun sorununun giderilmesi için en az sayıda $20 \mu\text{F}$ kondansatör kullanarak nasıl bir bağlantı yapmalısınız? Elinizdeki kondansatörler $30 \mu\text{F}$ değerinde olsaydılar nasıl bir bağlantı kurardınız?

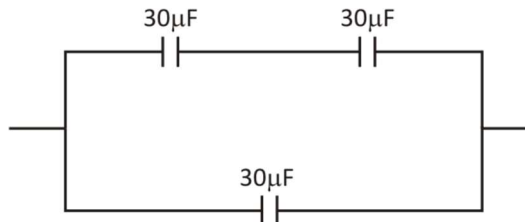
YANIT:

$20 \mu\text{F}$ kondansatörleri kullanarak $45 \mu\text{F}$ eşdeğer kapasiteyi oluşturmamız gerekiyor. Kondansatörlerin bağlantı durumlarına göre eşdeğerinin bulunması, direnç için yapılan işlemlerin tersi olduğunu unutmamalıyız.

Aşağıdaki bağlantıyı oluşturursak $45 \mu\text{F}$ eşdeğer kapasiteyi sağlarız:



Elinizdeki kondansatörler $30 \mu\text{F}$ değerinde olsaydılar aşağıdaki gibi bir bağlantı ile sorunu çözerdik:

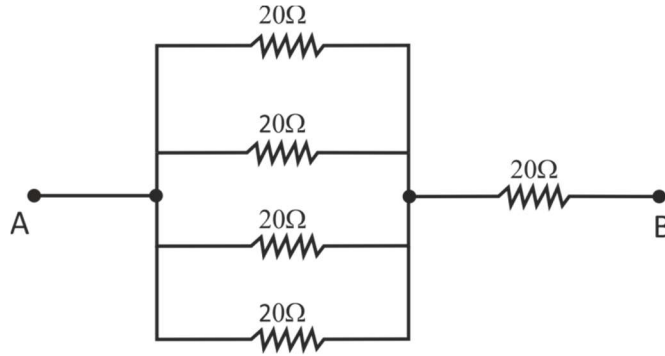


SORU 4 Aşağıdaki soruları çözümleyiniz.

- a) 5 adet $20\ \Omega$ luk direnci nasıl bağlarsak $25\ \Omega$ eşdeğer direnç elde edebiliriz? Şekil çiziniz ve hesapla sağlayınız.
- b) 5 adet $10\ \mu\text{F}$ lık kondansatörü nasıl bağlarsak $5\ \mu\text{F}$ eşdeğer sığa elde edebiliriz? Şekil çiziniz ve hesapla sağlayınız.

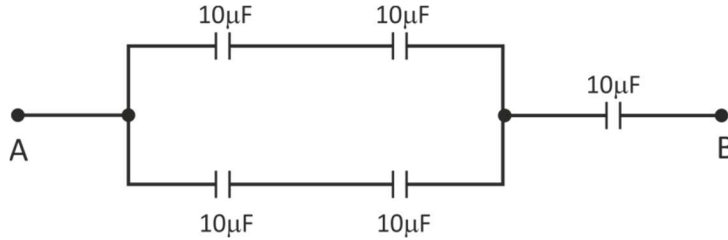
YANIT:

- a) 5 adet $20\ \Omega$ luk direnç ile bağlantı şekline göre toplamda $100\ \Omega$ eşdeğer direnç elde edilebilir. $25\ \Omega$ eşdeğer direnç elde istendiğine göre bazı dirençleri paralel bağlamamız gerekecektir. Biraz deneme ve biraz da hesapla aşağıdaki bağlantının istenilen sonucu verdiği görülecektir.

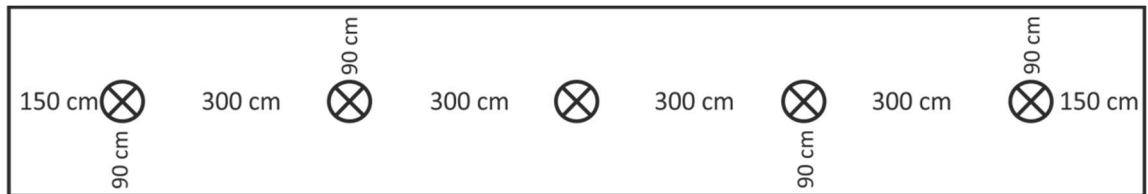


Paralel bağlanmış 4 adet $20\ \Omega$ luk direnç $20/4=5\ \Omega$ luk eşdeğer direnç yapar. Buna seri bağlanan $20\ \Omega$ luk direnç + olarak eklenir ve toplam eşdeğer direnç $25\ \Omega$ olur.

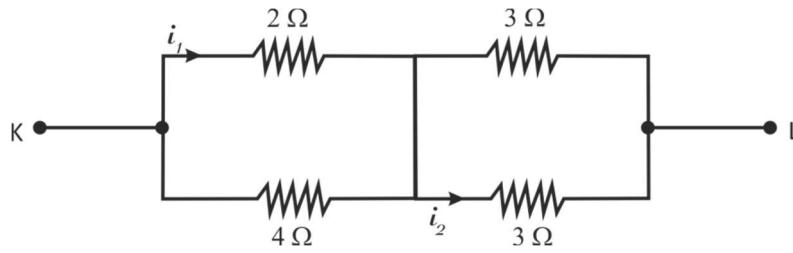
- b) 5 adet $10\ \mu\text{F}$ lık kondansatör ile bağlantı şekline göre $50\ \mu\text{F}$ eşdeğer sığa elde edilebilir. $5\ \mu\text{F}$ eşdeğer sığa istendiğine göre, dirençtekinin tersine kondansatörlerin çoğunun seri bağlanması gerekecektir. Biraz deneme ve biraz da hesapla aşağıdaki bağlantının istenilen sonucu verdiği görülecektir.



Seri bağlanmış 2 adet $10\ \mu\text{F}$ lık kondansatör $10/2=5\ \mu\text{F}$ lık eşdeğer sığa eder. Şekilde 2 adet $5\ \mu\text{F}$ lık (eşdeğer) kondansatörün paralel bağlandığını görebiliriz. Bunların eşdeğeri $5+5=10\ \mu\text{F}$ eder. Son durumda 2 adet $10\ \mu\text{F}$ lık kondansatörün seri bağlanmış olduğunu görürüz. Böylece toplam eşdeğer sığa $10/2=5\ \mu\text{F}$ olur.

SORU 4 15 metre uzunluğunda 1,8 metre genişliğinde bir koridora 5 adet tavan globu ile aydınlatma yapılacaktır. Lamba noktalarını şekil çizerek yerleştiriniz ve gerekli uzaklıkları belirtiniz.**YANIT:**

SORU 4' Şekildeki devrede $i_1=10$ A ise i_2 kaç A dir? Hesaplayınız.



YANIT:

Şekilde 2 Ω ve 4 Ω luk dirençlerin paralel bağlandıkları görülüyor. Öyleyse aynı gerilim değerinde olmaları gerekir. $i_1=10$ A olduğuna göre 2 Ω luk direnç üzerinde;

Gerilim = Akım x Direnç formülüne göre $\rightarrow U_1=10 \times 2 = 20$ V gerilim vardır.

4 Ω luk direnç de aynı geriliminde olduğundan 4 Ω luk direnç üzerinden Akım = Gerilim/Direnç formülüne göre $\rightarrow 20 / 4 = 5$ A akım akacaktır.

Bu duruma göre devrenin toplam akımı $10+5=15$ A dir. Bu akım devrenin devamında yine birbirleriyle paralel bağlanmış 3 Ω luk dirençler üzerinden bölüşülerek akacaktır.

Öyleyse $i_2=15/2=7,5$ A dir.

SORU 5' Farklı fazlardan beslenen iki priz arasındaki uzaklık en az ne kadar olmalıdır?

- a) 1m b) 1,5m c) 2m d) 3m

YANIT:

Normal boydaki bir insanın iki kolunu açtığı zaman farklı fazlardaki prize dokunamaması gerekir. Regulation bu mesafeyi 2 metre olarak vermektedir. Yani yanıt (c) seçeneğidir.

SORU 5 95 m² lik bir alan içerisine tesis edilen ring priz devresinde en çok kaç adet 2x13 A priz bulunabilir?

- a) 6 b) 10 c) 20 d) Sınırsız

YANIT:

100 m² yi aşmamak kaydıyla bir ring priz devresine sınırsız sayıda priz konabilir. Yanıt (d) seçeneğidir..

SORU 5: Hangisi veya hangileri hassas koruma elemanı değildir?

- | | | | |
|------------------|------------|--------------|--------------------|
| I- Telli sigorta | II- MCCB | III- RCBO | IV- Kartuş sigorta |
| a) I | b) I ve IV | c) II ve III | d) I ve III |

YANIT:

Arıza halinde görev yaptığında mutlaka yerine yenisinin takılması gereken telli sigorta, kartuş sigorta, bıçaklı sigorta gibi elemanlar kaba koruma elemanlarıdır. Bu yoruma göre I ve IV seçenekleri kaba koruma elemanlarıdır. Yani yanıt (b) seçeneğidir.

SORU 5: Aşağıdaki borulardan hangisinin içerisine en çok sayıda 1mm² kablo çekilebilir?

- a) 1/2" b) 3/4" c) 5/8" d) 5/4"

YANIT:

Çapı en büyük olan (yani en kalın olan) boru en fazla iletkeni taşıyabilir. Seçeneklerden sonuncusu hepsinden büyük bir boruyu tarif eder. Yani yanıt (d) seçeneğidir.

SORU 5: Aşağıdaki iletkenlerin hangisinin akım taşıma kapasitesi diğerlerinden büyüktür?

- a) 1,5 mm²Al. b) 1,5 mm²Cu. c) 2,5 mm²Cu. d) 2,5 mm²Al.

YANIT:

Metallerin yapısı gereği bakırın akım taşıma kapasitesi aynı kesitteki alüminyumun akım taşıma kapasitesinden daha büyüktür. Kesit büyüdükçe akım taşıma kapasitesi de artmaktadır. Öyleyse en büyük kesitlilerden birisini seçmek gerekecektir. Seçenekler arasında en büyük kesit olan 2 adet 2,5 mm² kesitinden bakır olan doğru seçenektir. Yani yanıt (c) seçeneğidir.

SORU 5: Aşağıdaki iletkenlerin hangisinin gerilim düşümü katsayısı diğerlerinden büyüktür?

- a) 1 mm² b) 2,5 mm² c) 1,5 mm² d) 4 mm²

YANIT:

Kesit büyüdükçe gerilim düşümünün azaldığını biliyoruz. Yani kesit büyüdükçe gerilim düşümü katsayısı küçülmektedir. Öyleyse en küçük kesitin gerilim düşümü katsayısı diğerlerinden büyüktür. Yani yanıt (a) seçeneğidir.

SORU 5: 1200W gücündeki elektrikli bir cihazın güç katsayısı 0,707 ise reaktif gücü ne kadardır?

- a) 1000 VAR b) 848 VAR c) 1200 VAR d) 1698 VAR

YANIT:

$P=1200$ W ve $\cos\varphi=0,707$ olarak verilmiş, reaktif gücün (Q) ne kadar olduğu sorulmuştur.

$P = S \cdot \cos\varphi$ ve $Q = S \cdot \sin\varphi$ dir.

Bu eşitlikleri birbirlerine bölersek; $P/Q=(S \cdot \cos\varphi)/(S \cdot \sin\varphi)= \cos\varphi/\sin\varphi$ ve

$Q=P \cdot \sin\varphi/\cos\varphi$ sonucu bulunur.

Reaktif gücü hesaplamak için $\sin\varphi$ değerini bilmemiz gerekir.

$\sin^2\varphi + \cos^2\varphi = 1$ dir. Öyleyse $\rightarrow \sin^2\varphi = 1 - \cos^2\varphi = 1 - 0,707^2 = 1 - 0,5 = 0,5$

$\sin\varphi = \sqrt{0,5} = 0,707$ dir.

Öyleyse $Q=P \cdot \sin\varphi/\cos\varphi=1200 \times 0,707/0,707=1200$ VAR olarak hesaplanır.

(NOT: cosinüs ve sinüs için 0,707 değeri özel bir değerdir. $\cos\varphi=0,707$ ise $\sin\varphi$ de 0,707 dir. Bu noktada aktif ve reaktif güç miktarları da birbirlerine eşit olur. Bu soru bu nota göre hiçbir işlem yapmadan çözülebilirdi.)

SORU 5: Paralel bağlı 2 kondansatöre üçüncü bir kondansatör daha paralel bağlanırsa devrenin eşdeğer kapasitesi ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- a) Azalır b) Artar c) Değişmez d) Sıfırlanır

YANIT:

Kondansatörler direncin tersine paralel bağlandıklarında değerleri toplanır. Öyleyse paralel bağlantı yapıldıkça eşdeğer kapasite artacaktır. Yanıt (b) dir.

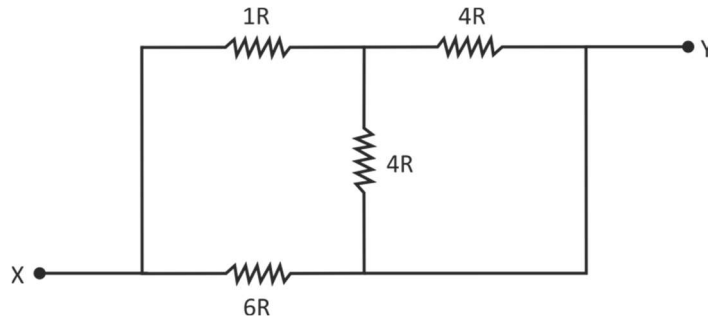
SORU 58: Aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

- a) $470 \mu F = 0,47 \text{ mF}$
- b) $2,5 \text{ MW} = 2500000 \text{ W}$
- c) $7 \text{ mA} = 0,07 \text{ A}$
- d) $0,5 \text{ k}\Omega = 500 \Omega$

YANIT:

7 mA değerini Ampere dönüştürecekseniz 1000 ile bölmelisiniz. Bölünce de sonuç 0,007 A olmalıdır. Buna göre yanlış olan seçenek (yani sorunun yanıtı) (c) dir.

SORU 59: Şekildeki devrede X-Y uçları arasındaki eşdeğer direnç kaç R dir?



- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

YANIT:

Şekilden anlaşılabiliriz ki 4R dirençleri birbirlerine paralel bağlıdır. Aynı büyüklükte iki direnç paralel bağlanmışsa bunların eşdeğer direnci, herhangi birisinin yarısı kadardır yani $4R/2=2R$ dir.

2R olarak hesapladığımız bu eşdeğer direnç de 1R ile seri bağlıdır. Bu kez dirençleri toplayacağız ve $1R+2R=3R$ olarak ikinci bir eşdeğer direnç hesaplamış olacağız.

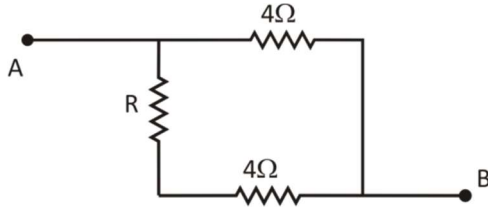
3R eşdeğer direncinin geriye kalan son direnç olan 6R ile paralel olduğu şekil çizmeden de anlaşılabilir. Buna göre tüm devrenin eşdeğer direnci;

$$R_e = \frac{3R \cdot 6R}{3R + 6R} = \frac{18R^2}{9R} = 2R \text{ olur.}$$

Yani yanıt (b) seçeneğidir.

KONUT SORULARI

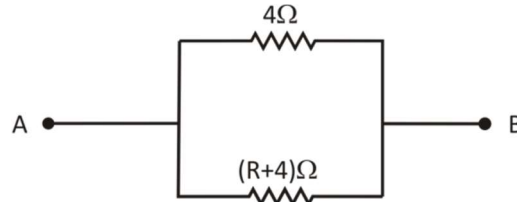
SORU 1: Aşağıdaki devrede istenenleri hesaplayınız:



- a) A-B uçları arasındaki eşdeğer direnç $3\ \Omega$ ise R direnci kaç ohmdur?
 b) $R = \infty\ \Omega$ olursa devrenin eşdeğer direnci ne olur?

YANIT:

- a) Devrede alt kısımdaki $4\ \Omega$ luk direnç R direnci ile seri bağlıdır. Diğer $4\ \Omega$ luk direnç bu ikisine paralel olarak bağlıdır. O zaman devreyi şöyle çizebiliriz:



Yukarıda 2 adet direncin paralel bağlı olduğu devrede eşdeğer direnç şöyle hesaplanabilir:

$$R_e = \frac{4 \times (4+R)}{4 + (4+R)} = \frac{4R+16}{8+R}$$

Burada içler-dışlar çarpımı yaparak;

$$R_e \times (8+R) = 4R+16 \text{ yazabiliriz.}$$

$R_e = 3\ \Omega$ olarak verilmiştir. Yerine konacak olursa;

$$3 \times (8+R) = 4R+16$$

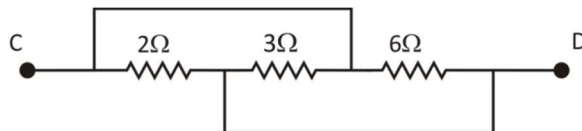
$$24+3R = 4R+16$$

$$4R-3R = 24-16$$

$$R = 8\ \Omega \text{ olmalıdır.}$$

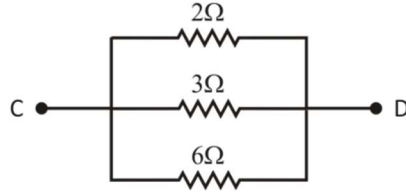
- b) $R = \infty\ \Omega$ olursa, $(R+4)\ \Omega$ olarak gösterdiğimiz direnç sonsuz ohm değerinde olacaktır. Sonsuz ohm direnç açık devre anlamındadır. Bu durumda devrenin eşdeğer direnci yalnızca $4\ \Omega$ luk direnç olacaktır.

SORU 2: Aşağıdaki devrede C-D uçları arasında eşdeğer direnç kaç ohmdur? Hesaplayınız.



YANIT:

Devreye dikkatlice bakarsak bütün dirençlerin birbirlerine paralel olarak bağlı olduklarını görürüz. Yani devremizi daha anlaşılır bir şekilde aşağıdaki gibi çizebiliriz:



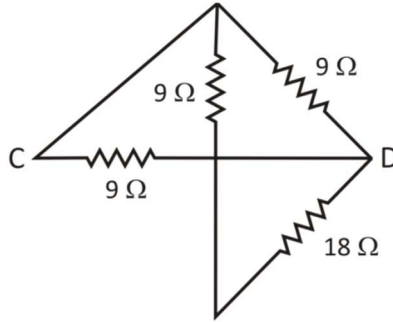
Bu durumda paralel bağlı 3 adet dirence karşılık gelen eşdeğer direnci;

$$R_t = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3} \text{ formülü ile hesaplayabiliriz.}$$

$$R_t = \frac{2 \times 3 \times 6}{2 \cdot 3 + 2 \cdot 6 + 3 \cdot 6} = \frac{36}{6 + 12 + 18} = \frac{36}{36} = 1 \Omega \text{ olacaktır.}$$

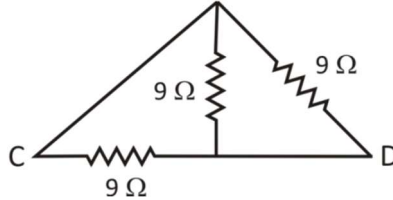
SORU 3:

Aşağıdaki devrede C-D arasındaki eşdeğer direnci hesaplayınız.



YANIT:

18 Ω luk direncin iki ucunun kısa devre edildiği açıkça görülmektedir. Bu durumda devrede 18 Ω luk direnç yokmuş gibi işlem yapılması gerekir. Devre aşağıdaki şekle dönüşür:



Burada da 3 adet 9 Ω luk direncin paralel bağlanmış olduğu görülmektedir.

R_1 , R_2 ve R_3 değerindeki 3 adet direnç paralel bağlanırsa eşdeğer direnç aşağıdaki formüller ile hesaplanabilir:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ve

$$R_t = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}$$

Bu denklemlerde R_1 , R_2 ve R_3 dirençleri birbirine eşit olduğu için herbirinin yerine yalnızca R yazılacak olursa;

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{R}$$

ve

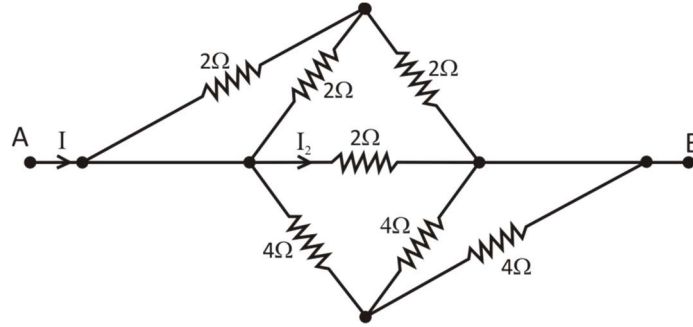
$$R_t = \frac{R \cdot R \cdot R}{R \cdot R + R \cdot R + R \cdot R} = \frac{R^3}{3R^2} = \frac{R}{3}$$

R yerine 9 Ω konacak olursa eşdeğer direnç 3 Ω olarak hesaplanır.

SORU 4:

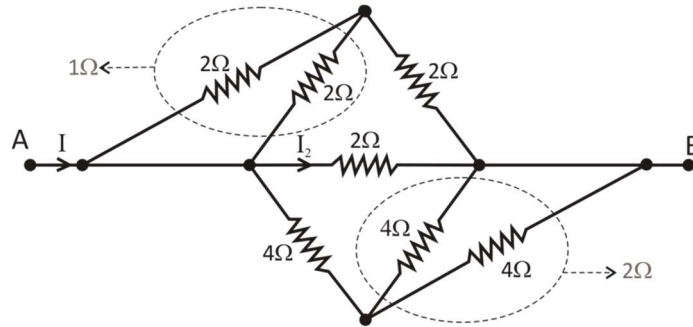
Aşağıdaki devrede;

- a) A-B noktaları arasındaki eşdeğer direnç kaç Ω dur?
 b) $I=2$ A ise I_2 kaç amper olacaktır?

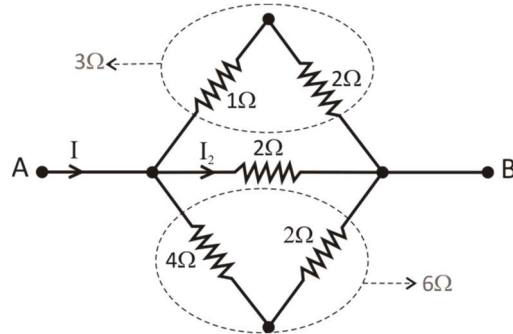
**YANIT:**

Devre üzerinde adım adım giderek istenenleri hesaplayalım.

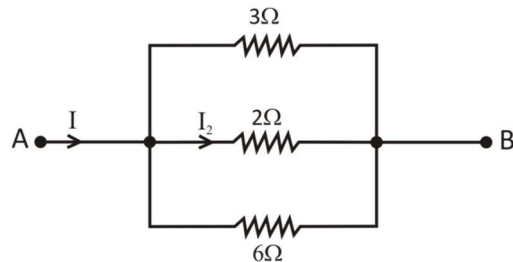
- a) Çember içerisine alınan dirençlerin birbirlerine paralel bağlı dirençler olduklarını görebiliyoruz. Buna göre 2 adet 4Ω luk direnç yerine (eşdeğer karşılık olarak) 1 adet 2Ω luk direnç ve 2 adet 2Ω luk direnç yerine (eşdeğer karşılık olarak) 1 adet 1Ω luk direnç koyabiliriz.



O zaman devre aşağıdaki gibi çizilebilir. Burada da yine çember içerisine alınan dirençlerin seri bağlı oldukları görülebilir.



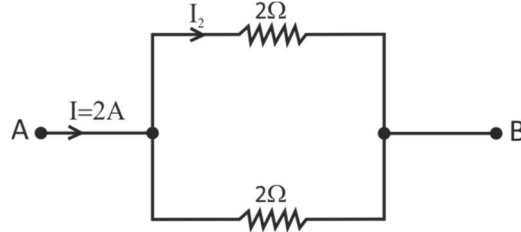
Seri bağlı dirençler yerine eşdeğer dirençleri koyarsak devrenin en son hali aşağıdaki gibi olur.



Bu durumda paralel bağlı 3 adet dirençten $3\ \Omega$ ve $6\ \Omega$ değerlerinde olanlarının eşdeğer direncin hesaplayalım:

$$R_t = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \text{ yani } R_t = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2\ \Omega \text{ olacaktır.}$$

Buna göre son durumda devre $2\ \Omega$ değerinde 2 adet direncin paralel bağlanmış durumuna gelir.



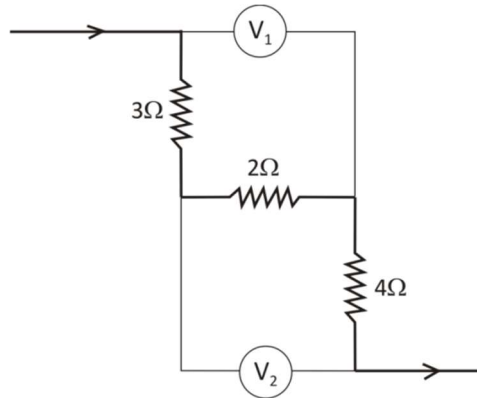
İki direnç aynı değerde olduğuna göre devrenin eşdeğer direnci dirençlerden birisinin yarısı kadar yani $1\ \Omega$ olacaktır.

- b) $2\ \text{A}$ olarak verilen I akımı eşit değerdeki paralel bağlı 2 adet direnç üzerinde bölünerek B noktasına doğru devam etmektedir. Direnç değerleri eşit olduğuna göre I akımı eşit olarak ikiye bölünecektir.

Buna göre $2\ \Omega$ luk dirençten akan I_2 akımını;

$$I_2 = I / 2 = 2 / 2 = 1 \text{ Amper olarak hesaplayabiliriz.}$$

SORU 5: Şekildeki devre parçasında voltmetrelerin gösterdiği V_1/V_2 oranı kaçtır?



YANIT:

Aynı akımın $3\ \Omega$, $2\ \Omega$ ve $4\ \Omega$ luk dirençler üzerinden akıp gittiğini görüyoruz.

Dirençler üzerindeki gerilimin değeri, akan akımla direncin çarpımıyla bulunur. Yani;

$$V = R \cdot I \text{ dir.}$$

$$3\ \Omega \text{ luk direnç üzerindeki gerilim } V_{3\Omega} = 3 \cdot I$$

$$2\ \Omega \text{ luk direnç üzerindeki gerilim } V_{2\Omega} = 2 \cdot I$$

$$4\ \Omega \text{ luk direnç üzerindeki gerilim } V_{4\Omega} = 4 \cdot I \text{ olacaktır.}$$

V_1 voltmetresi $3\ \Omega$ luk ve $2\ \Omega$ luk dirençler üzerindeki gerilim değerini okumaktadır. Yani;

$$V_1 = 3 \cdot I + 2 \cdot I = 5 \cdot I \text{ değerindedir.}$$

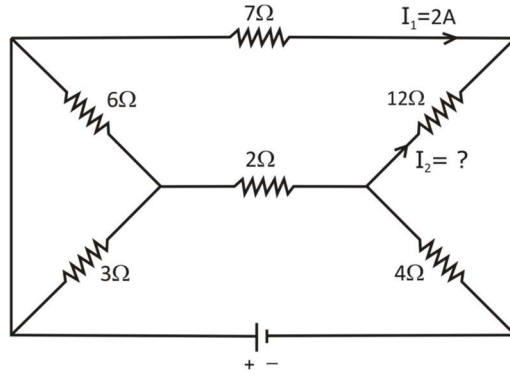
V_2 voltmetresi $2\ \Omega$ luk ve $4\ \Omega$ luk dirençler üzerindeki gerilim değerini okumaktadır. Yani;

$$V_2 = 2 \cdot I + 4 \cdot I = 6 \cdot I \text{ değerindedir.}$$

Buna göre:

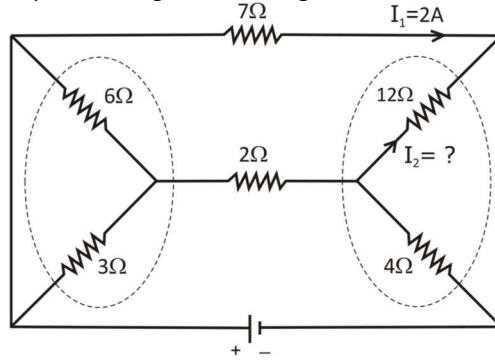
$$V_1/V_2 = 5 \cdot I / 6 \cdot I = 5/6 \text{ olacaktır.}$$

SORU 6: Şekildeki devrede I_1 akımı 2 amper ise I_2 akımı kaç amperdir?

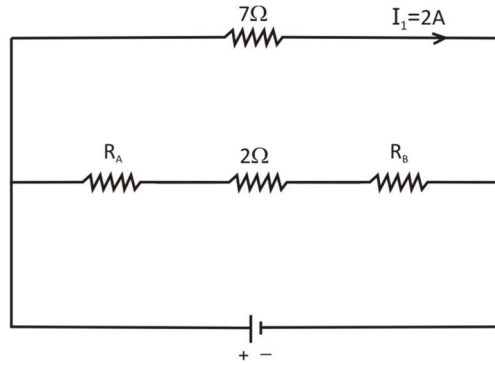


YANIT:

Çember içerisine alınan $6\ \Omega$ luk direnç ile $3\ \Omega$ luk direncin ve $12\ \Omega$ luk direnç ile $4\ \Omega$ luk direncin paralel bağlı oldukları görülebilir.



Paralel dirençlere karşılık eşdeğerleri konacak olursa devre aşağıdaki şekle döner:



Öncelikle kaynağın gerilim değerinin hesabı yapılabilir. Şekilde iki paralel kol gözükmemektedir. Kaynağın gerilimi, her bir paralel kol üzerindeki direnç değeri ile bu kol üzerinden akan akım çarpılarak hesaplanır. Üst paralel kolda hem direnç ve hem de akım değeri bilinmektedir. Buna göre;

$$V = 7 \times 2 = 14 \text{ volt bulunur.}$$

$6\ \Omega$ ve $3\ \Omega$ luk paralel bağlı dirençlerin eşdeğer direnci;

$$R_A = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = \frac{18}{9} = 2\ \Omega$$

$12\ \Omega$ ve $4\ \Omega$ luk paralel bağlı dirençlerin eşdeğer direnci;

$$R_B = \frac{12 \times 4}{12 + 4} = \frac{48}{16} = 3\ \Omega \text{ olarak hesaplanır.}$$

Bu değerlere göre, R_A ve R_B dirençlerinin olduğu paralel kolun toplam direnci

$$R_t = 2 + 2 + 3 = 7\ \Omega \text{ olur. Yani bu kol üzerinden de } 2\ \text{A akım akacaktır.}$$

Bu akım 3Ω luk R_B direnci üzerinde;

$V_B = 3 \times 2 = 6$ volt gerilim oluşturmaktadır.

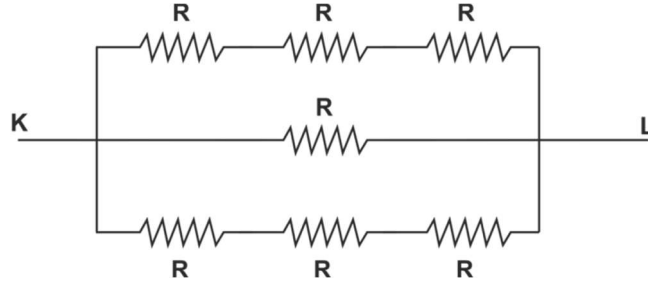
Bu gerilim değeri aynı zamanda ilk şekilde gösterilen ve I_2 akımını akıtan 12Ω luk direnç üzerindeki gerilimdir.

Bu sonuca göre I_2 akımını hesaplayabiliriz.

$I_2 = V_B / 12 = 6 / 12 = 0,5$ amper olacaktır.

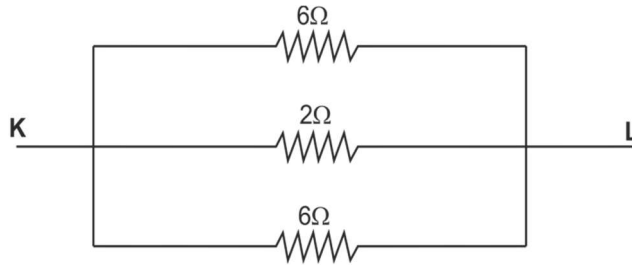
SORU 7:

Herbirinin direnci 2Ω olan 7 adet R direnci şekildeki gibi bağlanıyor. Buna göre K-L arasındaki eşdeğer direnç kaç Ω dur? Hesaplayınız.



YANIT:

Her direnç 2Ω olduğuna göre üst ve alt paralel kollarda 6Ω ve orta kolda ise 2Ω direnç olur. Devre daha basit olarak aşağıdaki gibi olur.



Paralel bağlı dirençlerde eşdeğer direnç hesabını alttaki formül ile yapabiliriz:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \text{ve} \quad R_t = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}$$

Son denklemde $R_1=6$, $R_2=2$ ve $R_3=6$ değerleri yerine konursa;

$R_t = (6 \times 2 \times 6) / (6 \times 2 + 6 \times 6 + 2 \times 6) = 72 / 60 = 6/5 \Omega$ olur.

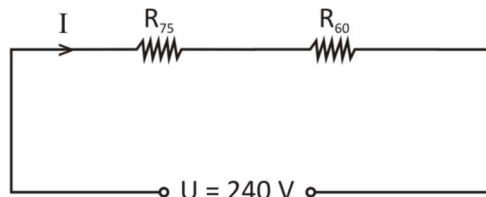
SORU 8:

1 adet 75 W ve 1 adet 60 W standart 240 voltluk lamba seri olarak şebekemize bağlanmıştır.

- 75 W lambanın uçlarındaki gerilim kaç volttur?
- 60 W lambanın uçlarındaki gerilim kaç volttur?
- Şebekeden çekilen toplam akım kaç amperdir?

YANIT:

Lambaları birer omik direnç olarak düşünerek devre şemamızı aşağıdaki gibi çizebiliriz.



Güç-Gerilim-Direnç formülü ile lambaların dirençlerini hesaplayalım:

$$R_{75} = \frac{U^2}{P} = \frac{240^2}{75} = \frac{57600}{75} = 768 \Omega \text{ ve } R_{60} = \frac{U^2}{P} = \frac{240^2}{60} = \frac{57600}{60} = 960 \Omega \text{ olarak bulunur.}$$

Devrede yalnızca bu iki direnç olduğundan 240 voltluk gerilim bu iki direnç tarafından büyüklükleri ile doğru orantılı olarak paylaşılacaktır.

- a) 75 wattlık lambanın uçlarındaki gerilimin değeri;

$$U_{75} = \frac{R_{75}}{R_T} \times 240 = \frac{768}{1728} \times 240 = 106,66 \text{ V olarak hesaplanır.}$$
- b) 60 wattlık lambanın uçlarındaki gerilimin değeri;

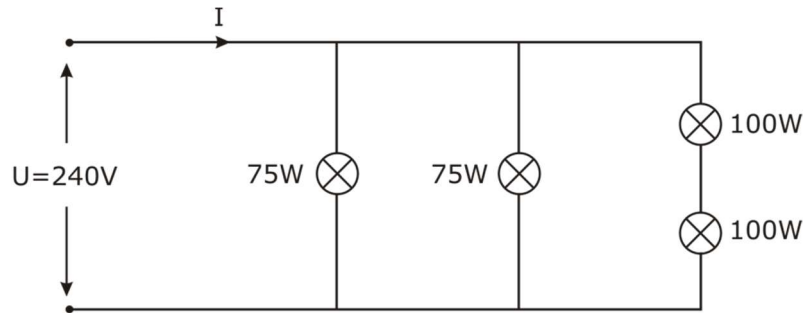
$$U_{60} = \frac{R_{60}}{R_T} \times 240 = \frac{960}{1728} \times 240 = 133,33 \text{ V olarak hesaplanır}$$
- c) Toplam direnç 1728Ω olduğuna göre şebekeden çekilen toplam akım (lambalar seri bağlı olduklarına göre toplam akım lambaların üzerinden akan akım demektir);

$$I = \frac{U}{R_T} = \frac{240}{1728} = 0,139 \text{ A dir.}$$

SORU 9:

Aşağıdaki devrede kullanılan tüm lambalar 240 voltluktur. Buna göre;

- a) Devrenin toplam gücü nedir?
b) U gerilimi 120 volt yapılırsa toplam güç ne kadar olacaktır?
c) a ve b şıkları için devrenin toplam akımı (I) ne kadardır?
d) U gerilimi 480 volt yapılırsa devrenin toplam gücü ne kadar olacaktır?



YANIT:

- a) Lambalar (dirençler) seri bağlandıkları zaman üzerlerine daha az gerilim düşeceğinden güçlerinde azalma olacağını biliyoruz.

2 adet 100 wattlık lambanın devredeki gibi seri bağlanması halinde çekecekleri akımı hesaplayalım.

Lambalar eşit güçte oldukları için uygulanan gerilimi eşit olarak paylaşacaklardır. Yani 100 wattlık lambaların herbirine $U/2=120$ volt gerilim uygulanmış olacaktır.

$P = U \cdot I = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$ genel güç formülünde U yerine lambaların herbirine uygulanan gerilim olarak $U/2$ koyacak olursak;

$P = U^2/4R$ olacaktır. Yani lambanın gücü **dörtte birine** düşecektir.

Bu durumda 2 adet 100 wattlık lamba seri bağlandıklarında ikisinin çekecekleri güçlerin toplamı 50 watt olacaktır.

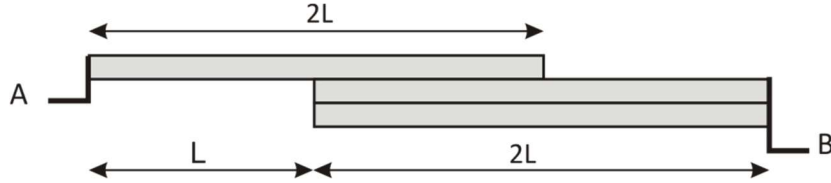
75 wattlık lambalara nominal gerilim uygulandığından onların gücünde değişiklik yoktur.

Buna göre devrenin toplam gücü;

$$P_T = 75 + 75 + 50 = 200 \text{ watt olacaktır.}$$

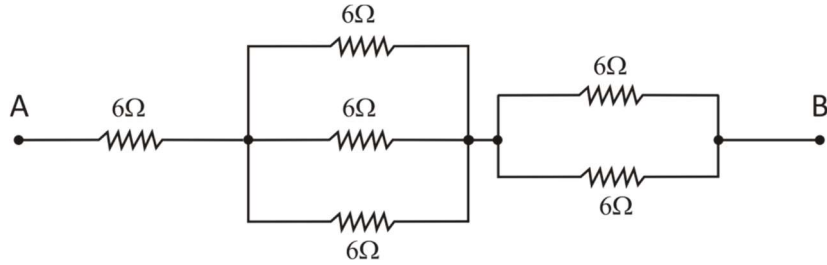
- b) Yukarıda hesaplama yapılırken gerilimin yarıya düşürülmesi durumunda gücün dörtte birine düşeceğini görmüştük.
Devreye uygulanan U gerilimi 240 volt iken toplam güç 200 watt olarak hesaplanmıştı. Gerilim 120 volta (yani yarı değerine) düşürülecek olursa toplam güç de dörtte birine düşecektir.
Yani U gerilimi 120 volt yapılırsa devrenin toplam gücü $200/4=50$ watt olacaktır.
- c) a şıkında toplam güç 200 watt olduğuna göre devreden çekilen toplam akım;
 $I_a = P/U = 200/240 = 0,833$ amper olacaktır.
b şıkında toplam güç 50 watt olduğuna göre devreden çekilen toplam akım;
 $I_b = P/U = 50/240 = 0,208$ amper olacaktır.
- d) Güç formülüne göre, gerilimin 2 katına çıkartılması halinde teorik olarak güç 4 katına çıkar. Gerilim 480 volt yapılırsa devremizdeki 75 wattlık lambalar patlayacaktır. Bu durumda yalnızca 2 adet 100 wattlık lamba bu sefer $480/2=240$ voltta yani nominal gerilim değerinde çalışacağından devrenin toplam gücü 200 watt olacaktır.

SORU 10: Her biri 2L uzunluğunda ve direnci $12\ \Omega$ olan 3 adet iletken levha, şekilde görüldüğü gibi birleştiriliyor. Bu şekle göre A-B arasındaki eşdeğer direnç kaç Ω dur? Hesaplayınız.



YANIT:

Levhaların birleştirilme biçimine bakarak her levhanın orta noktasında bağlantı olduğunu ve her bir levhayı 2 ayrı dirence bölündüğünü görebilir ve dirençlerle aşağıdaki devreyi oluşturabiliriz:



Bu devrede paralel bağlı 2 adet $6\ \Omega$ luk direnç yerine eşdeğer değer olarak $3\ \Omega$ ve paralel bağlı 3 adet $6\ \Omega$ luk direnç yerine eşdeğer değer olarak $2\ \Omega$ koyabileceğimizi hesapla bulabiliriz.

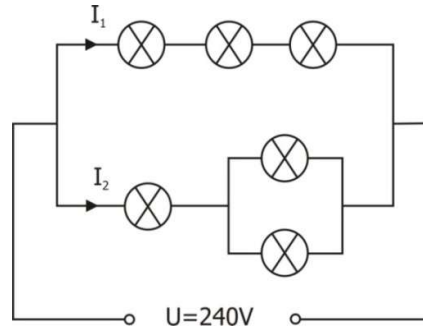
Bu durumda devremiz $6\ \Omega$, $2\ \Omega$ ve $3\ \Omega$ değerlerinde seri bağlı 3 adet dirence dönüşmüş olacaktır.



O zaman A-B arasındaki eşdeğer direnç seri bağlı 3 adet direnç değerlerinin toplamına eşit olacaktır. Yani;

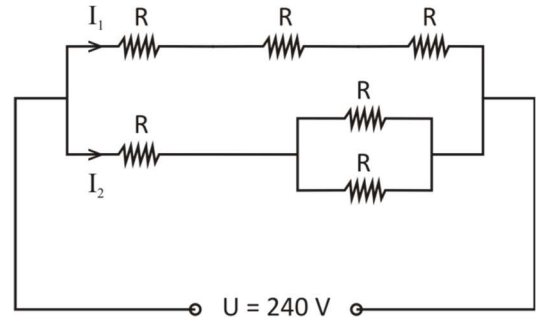
$$R_t = 6 + 2 + 3 = 11\ \Omega \text{ olacaktır.}$$

SORU 11: 100W/240V luk 6 adet lambanın yer aldığı aşağıdaki devrede I_1/I_2 oranını hesaplayınız.

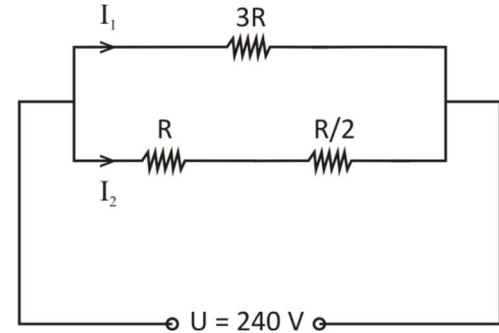


YANIT:

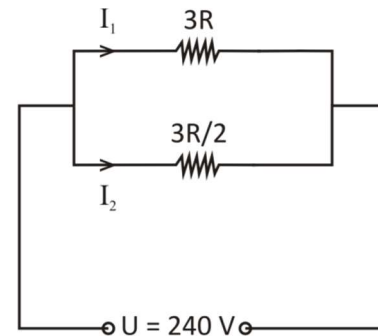
Lambaları birer direnç olarak düşünebiliriz. Lambalar aynı tip ve güçte olduklarından güçleri ne olursa olsun ve uygulanan gerilim de ne olursa olsun akımların oranında bir değişim olmayacaktır. Her bir lambayı R direnciyle ifade ederek yandaki devreyi oluşturabiliriz.



Seri bağlı 3 adet R direnci yerine $3R$ ve paralel bağlı 2 adet R direnci yerine $R/2$ koyarak devreyi daha basit hale getirebiliriz.



Seri bağlı dirençleri toplayarak $3R/2$ eşdeğerini koyarsak devrenin en son hali yandaki gibi olur.



Paralel bağlı $3R$ ve $3R/2$ dirençlerine aynı gerilim (240 V) uygulanmaktadır.

Gerilim = Akım x Direnç formülünü her iki paralel kol için uygulayalım.

$$U = I_1 \cdot 3R \quad \text{Buradan} \Rightarrow I_1 = U/3R \text{ yazılabilir.}$$

$$U = I_2 \cdot 3R/2 \quad \text{Buradan} \Rightarrow I_2 = U/(3R/2) = 2U/3R \text{ yazılabilir.}$$

$$I_1/I_2 = [U/3R] / [2U/3R] = 1/2 \text{ bulunur.}$$

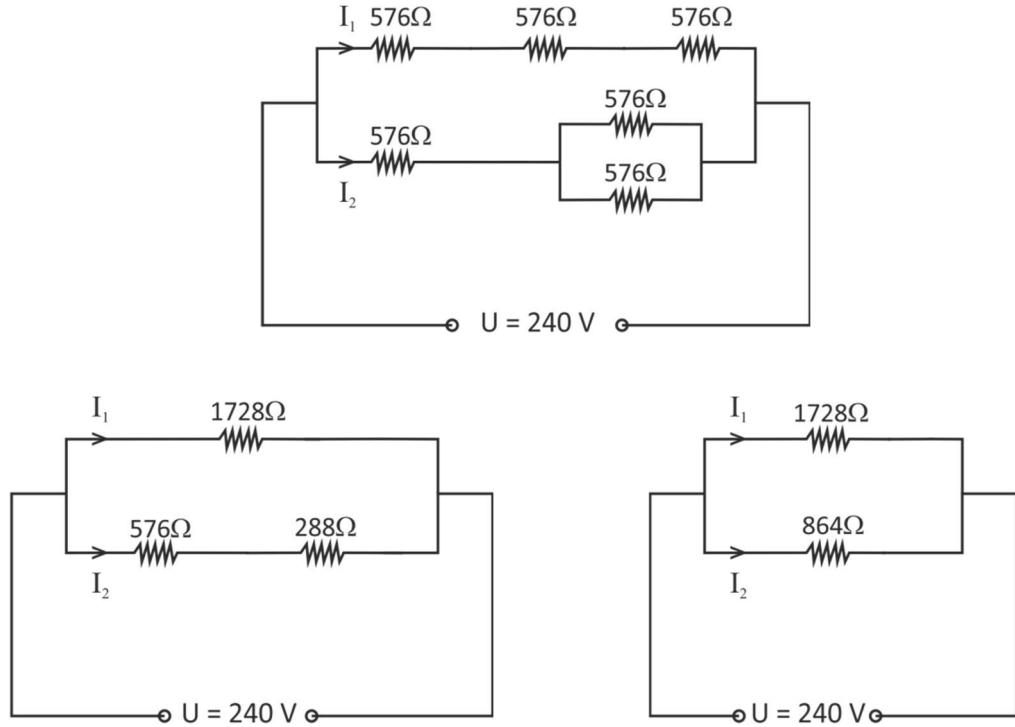
Yukarıdaki çözüm yöntemi lambaların ohm cinsinden gerçek direnç değerlerini hesaplamadan sonuca varmıştır. Eğer istersek lambaların dirençlerini ve seri-paralel bağlı bu dirençler için eşdeğer direnç hesaplaması yaparak aşağıdaki gibi de çözebiliriz.

240 V/100 W lambanın direncini hesaplayalım.

$P = U \cdot I = U \cdot (U/R) = U^2/R$ dir. Buraya bakarak $R = U^2/P$ yazılabilir.

Her lambanın direnci $R = U^2/P = 240^2/100 = 57600/100 = 576\Omega$ olarak hesaplanır.

Bu değere göre yukarıdaki şekilleri direnç değerleri ve aynı sırayla yeniden oluşturalım:



Paralel bağlı 1728 Ω ve 864 Ω değerlerindeki dirençlere aynı gerilim (240 V) uygulanmaktadır.

Akım = Gerilim / Direnç formülünü her iki paralel kol için uygulayalım.

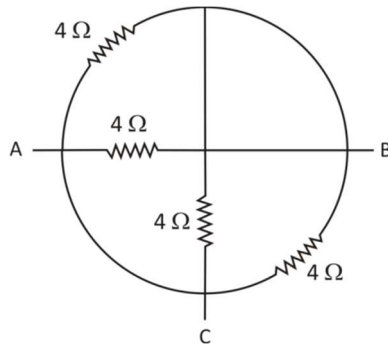
$$I_1 = 240 / 1728 = 0,1389 \text{ A}$$

$$I_2 = 240 / 864 = 0,2778 \text{ A ve}$$

$$I_1/I_2 = 0,1389 / 0,2778 = 0,5 = 1/2 \text{ olarak hesaplanır.}$$

SORU 12: Aşağıdaki devrede;

- A-B arasındaki eşdeğer direnci ve
- B-C arasındaki eşdeğer direnci hesaplayınız.



YANIT:

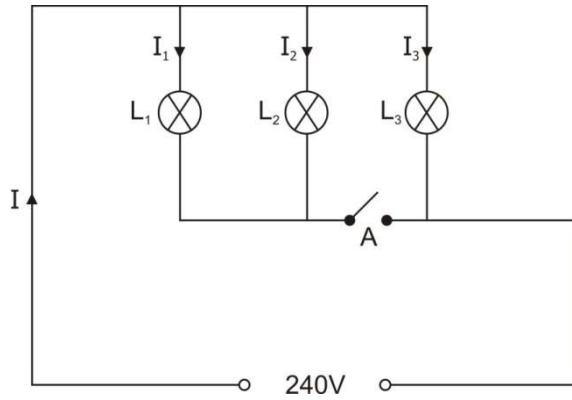
Devreyi dikkatlice incelersek bütün dirençlerin birbirlerine paralel olarak bağlanmış olduklarını görürüz.

- a) A-B arasında 4 adet direnç paralel olarak bağlanmış durumdadır. Bu dirençler eşit değerde olduklarından eşdeğer direnci şöyle hesaplayabiliriz:

$$R_e = \frac{R}{4} = \frac{4}{4} = 1 \Omega$$

- b) A ve C noktalarının kısa devre edilmiş oldukları görülmektedir. Öyleyse A noktası aynı zamanda C noktası demek olduğundan B-C arasındaki eşdeğer direnç de yukarıda hesaplanan değerdir, yani 1Ω dur.

SORU 13: Aşağıdaki devrede her bir lamba 60 W gücündedir.



- a) A anahtarı açık iken I , I_1 , I_2 ve I_3 akımlarını hesaplayınız.
b) A anahtarı kapalı iken I , I_1 , I_2 ve I_3 akımlarını hesaplayınız.

YANIT:

- a) A anahtarı açık iken L_1 ve L_2 lambalarının nötr bağlantı yolu kesilmiş olduğundan yalnızca L_3 lambası yanacaktır.

Bu durumda I_1 ve I_2 akımları SIFIR olacaktır.

$$I_3 \text{ akımı ise; } I = \frac{P}{U} = \frac{60}{240} = 0,25 \text{ A dir.}$$

Dolayısıyla toplam akım; $I = I_1 + I_2 + I_3 = 0 + 0 + 0,25 = 0,25 \text{ A}$ olacaktır.

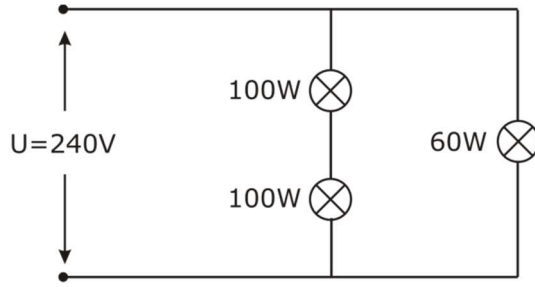
- b) A anahtarı kapalı iken tüm lambalar paralel bağlı durumdadırlar ve her lambaya 240V uygulanmaktadır.

Her bir lamba $I_1 = I_2 = I_3 = 0,25 \text{ A}$ akım çekeceğinden;

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 0,25 + 0,25 + 0,25 = 0,75 \text{ A olacaktır.}$$

SORU 14: 2 adet 100 W ve 1 adet 60 W lamba ile oluşturulan aşağıdaki devrede;

- a) Her lambanın çekeceği akımı
b) Her lambanın çekeceği gücü
c) Devreden çekilecek toplam akımı
d) Devrenin toplam gücünü hesaplayınız.

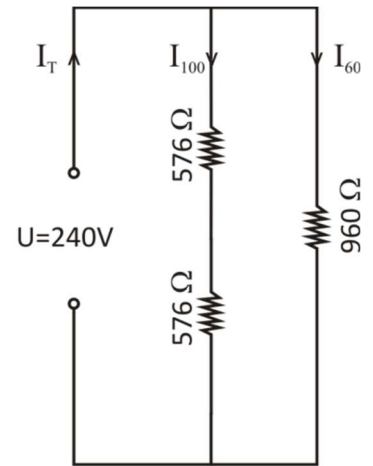
**YANIT:**

Çözümü yalnızca güç değerleri ve bağlantı şekillerine göre mantık yürüterek yapabildiğimiz gibi her lambanın direncini hesaplayarak (devreyi direnç devresi gibi düşünerek) da yapabiliriz. Bu soru için direnç değerleri ile işlemler yapalım:

$$R_{60} = \frac{U^2}{P} = \frac{240^2}{60} = \frac{57600}{60} = 960 \Omega \text{ ve}$$

$$R_{100} = \frac{U^2}{P} = \frac{240^2}{75} = \frac{57600}{100} = 576 \Omega \text{ olur.}$$

Bu durumda devremiz yandaki gibi olur:



- a) 60 wattlık lambadan akan akım;

$$U = R_{60} \cdot I_{60} \Rightarrow I_{60} = \frac{U}{R_{60}} = \frac{240}{960} = 0,25 \text{ A}$$

100 wattlık lambalardan akan akım;

$$U = R_{100T} \cdot I_{100} \Rightarrow I_{100} = \frac{U}{2R_{100}} = \frac{240}{1152} = 0,208 \text{ A olur.}$$

- b) 60 wattlık lamba 240 volt gerilim altında (yani nominal geriliminde) olduğundan gerçek gücünü (yani 60 watt) çekecektir.

100 wattlık lambaların her birinin çekeceği gücü de $P = I^2 \cdot R$ formülü ile,
 $P_{100} = I_{100}^2 \cdot R_{100} = (0,208)^2 \times 576 = 25 \text{ watt}$ olarak hesaplarız.

- c) Devreden çekilecek toplam akım;

$$I_T = I_{100} + I_{60} = 0,25 + 0,208 = 0,458 \text{ amperdir.}$$

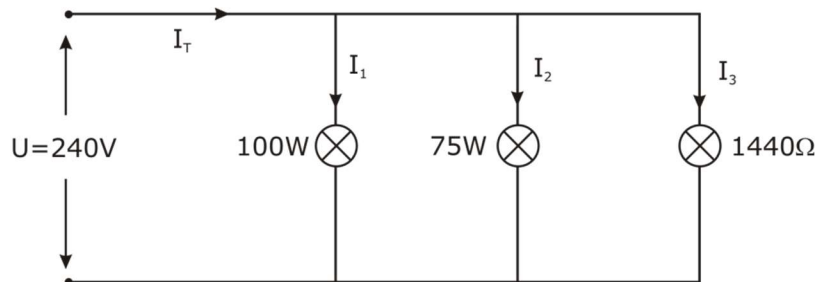
- d) Devrenin toplam gücü, lambaların çektikleri güçlerin toplamıdır. Yani;

$$P_T = 25 + 25 + 60 = 110 \text{ wattır.}$$

Aynı değeri devreden çekilen toplam akımı kullanarak $P = U \cdot I$ formülü ile de hesaplayarak yine $P_T = 240 \times 0,458 = 110 \text{ watt}$ olarak buluruz.

SORU 15: Aşağıdaki devrede;

- a) I_1 , I_2 , I_3 ve I_T akımlarını ve
 b) Devrenin toplam gücünü hesaplayınız.



YANIT:

3 adet lambanın paralel bağlı olduğu bir devreyi görüyoruz. Burada 2 lambanın gücü verilirken diğer lambanın direnci verilmiştir. Verilen büyüklüklere göre hesaplama yapabiliriz.

Lambalar için verilmiş olan 75 W ve 100 W güç değerleri, farklı bir bildirim yapılmadığı için 240 V gerilim için geçerli olan değerlerdir.

a) Önce akımları hesaplayalım.

1440 Ω olarak direnç değeri verilen lambanın akımı;

$$U = R \cdot I_3 \Rightarrow I_3 = \frac{U}{R} \text{ ve } I_3 = \frac{240}{1440} = 0,167 \text{ A olarak hesaplanır.}$$

$$P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} \text{ formülüne göre;}$$

$$I_1 = \frac{P_1}{U} = \frac{100}{240} = 0,416 \text{ A ve}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U} = \frac{75}{240} = 0,312 \text{ A olarak hesaplanır.}$$

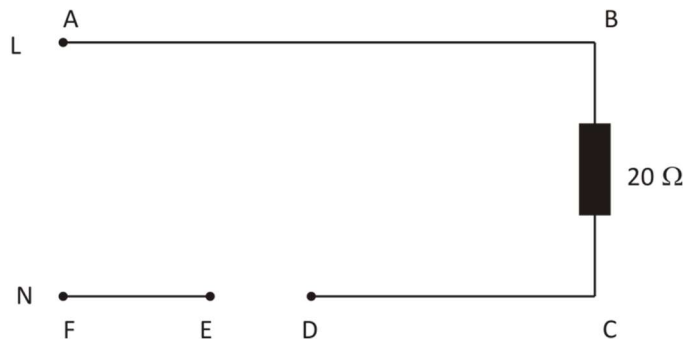
$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 0,416 + 0,312 + 0,167 = 0,895 \text{ A olarak bulunur.}$$

b) Devrenin toplam gücü gerilim ile toplam akımın çarpımına eşittir.

$$P = U \cdot I_T = 240 \times 0,895 \cong 215 \text{ watt olarak hesaplanır.}$$

SORU 16: Aşağıdaki devrede L-N arasındaki gerilim 240V ise;

- A-C arasındaki gerilim,
- A-F arasındaki gerilim,
- B-D arasındaki gerilim,
- B-E arasındaki gerilim ve
- D-E arasındaki gerilim kaç voltur?

**YANIT:**

- D ve E noktaları arasında kopukluk olduğu görülüyor. Bu durumda devredeki direncin nőtürle bağlantısı yok demektir. O zaman A-C arasındaki gerilim sıfır olarak ölçülecektir.
- A-F arasındaki ölçüm aynı zamanda L-N (Faz-Nötür) arasındaki ölçüm demektir. Bu değer de 240V'dur.
- B-D arasındaki ölçüm, (a) şıkkındaki gibi A-C arasında ölçüm yapmakla aynıdır. A ile B aynı noktadır. Benzer olarak C ile D de aynı noktadır. (a) şıkkındaki aynı yorumla B-D arasındaki gerilimin sıfır olduğu söylenebilir.
- A ile B aynı noktadır. Benzer olarak F ile E de aynı noktadır. Buna göre B-E arasındaki ölçüm ile A-F arasındaki ölçüm aynı sonucu verecektir. (b) şıkkındaki yorumla B-E arasındaki gerilimin 240 V olduğu söylenebilir.
- D ve E noktaları arasında kopukluk olduğu için 20 Ω luk direnç üzerinden akım akmayacağından gerilim düşümü de oluşmamış olacaktır. Bu durumda faz gerilimi D noktasına kadar devam ediyor denebilir. E noktası aynı zamanda nötür noktası olduğundan D-E arasındaki gerilimin 240 volt olduğu söylenebilir.

SORU 17: 240 V şebekeden beslenmekte olan bir konut 300 mA'lık akım otomatığı (toprak kaçak rölesi) ile korunmaktadır.
Söz konusu konutta Faz-Toprak arasındaki yalıtım (izolasyon) direnci 0,001 MΩ olarak ölçülmüştür.
Bu duruma göre otomatığın devreyi açıp açmayacağını hesaplama yaparak anlatınız.

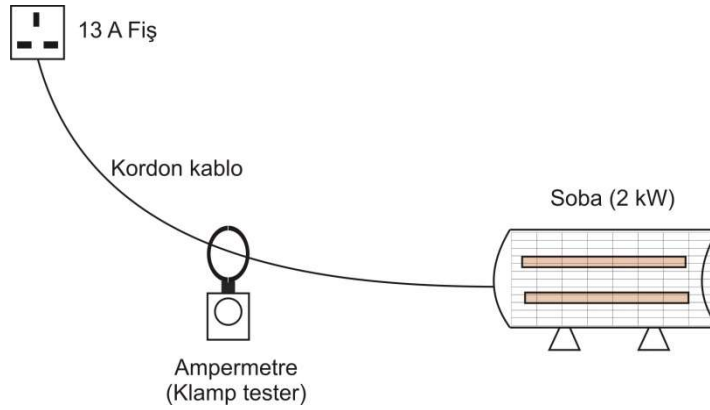
YANIT:

240V gerilimin kaçak yolu üzerinde kaç amper akım akıtacağını hesaplamamız gerekir.

Akımın akacağı güzergahın direnci 0,001 MΩ yani 1000 Ω olarak verildiğine göre toprağa akacak akımın büyüklüğü;

$$I = \frac{U}{R} = \frac{240}{1000} = 0,240 \text{ A} = 240 \text{ mA}$$
 olarak hesaplanır. Bu değer akım otomatığının çalışma akımı olan 300 mA'den küçük olduğu için otomatik devreyi açmayacaktır.

SORU 18: Aşağıdaki şekil ile ilgili olarak sorulanları yanıtlayınız.



- Kordon kablo içerisindeki iletkenlerin kesitleri ne olmalıdır?
- Kordondaki damarların renkleri kahverengi, mavi ve sarı-yeşildir. 13A fişin bağlantı terminallerini açık bir şekilde çizerek hangi rengi hangi uca bağlayacağınızı gösteriniz.
- Ampermetreyi şekilde gösterildiği gibi kullanacak olursak sobanın çektiği akımı kaç amper olarak okuruz?

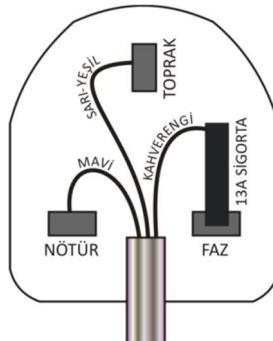
YANIT:

- Soba 2 kW yani 2000 W gücünde olduğuna göre kordon kablonun taşıyacağı akım;

$$I = \frac{P}{U} = \frac{2000}{240} = 8,33 \text{ A}$$
 olacaktır.

Buna göre kablo kesiti en az 1,5 mm² olmalıdır.

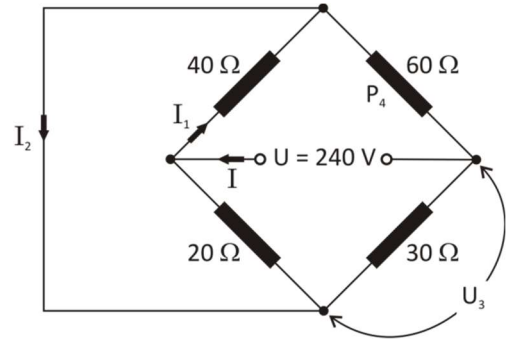
- 13 A fişin açık hali ve kabloların bağlantıları aşağıdaki gibi olacaktır:



- c) Şekildeki tip amperetreler, klamp (kıskaç) içerisinde geçen akımın büyüklüğünü gösterir. Eğer şekilde gösterildiği gibi ölçüm yapılacak olursa amperetre SIFIR değerini gösterecektir. Çünkü kordon kablo olduğu gibi kıskaç içerisinde geçmekte, dolayısıyla faz ve nötr birlikte kıskaç içerisinde bulunmaktadır. Bu durumda fazdan giden akım nötrden geri döndüğünden (giden akım gelen akımın etkisini sıfırladığından) amperetre herhangi bir değer okuyamayacaktır. Kordon kablonun damarları ayrılır ve amperetrenin kıskaçı yalnızca faz veya nötr iletkenini kavrarsa o zaman (a) şıkında hesaplanan değeri gösterecektir.

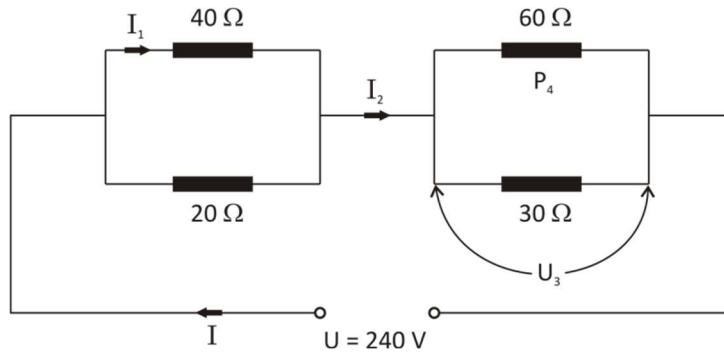
SORU 19: Yandaki devrede istenenleri hesaplayınız.

- Devrenin toplam akımını (I)
- 40Ω luk direnç üzerinden akan akımı (I_1)
- I_2 akımını
- 30Ω luk direnç üzerindeki gerilimi (U_3)
- 60Ω luk direnç üzerinde harcanan gücü (P_4)



YANIT:

Devreyi daha basit ve kolay anlaşılır bir şekilde yeniden çizelim:

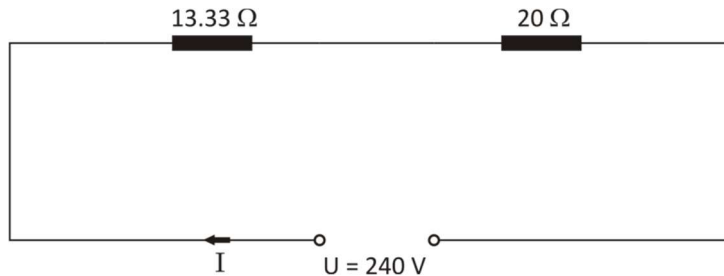


Akımları hesaplayabilmemiz için paralel bağlı dirençler yerine eşdeğerlerini koyarak devreyi daha da basitleştirmemiz gerekmektedir.

Paralel bağlı 40Ω ve 20Ω dirençler yerine eşdeğer direnç olarak $40 \times 20 / (40 + 20) = 800 / 60 = 13,33 \Omega$ koyabiliriz.

Aynı şekilde paralel bağlı 60Ω ve 30Ω dirençler yerine eşdeğer direnç olarak $60 \times 30 / (60 + 30) = 1800 / 90 = 20 \Omega$ koyabiliriz.

O zaman devremiz daha basit olarak aşağıdaki gibi çizilebilir:



Bu durumda devrenin eşdeğer direnci R_e yukarıdaki şekilde yer alan $13,33 \Omega$ ve 20Ω değerindeki dirençlerin toplamı yani $33,33 \Omega$ dur.

- Devrenin toplam akımı $I = U/R_e = 240/33,33 = 7,2 \text{ A}$ dir.
- En son şekilde görüldüğü gibi $13,33 \Omega$ direnç üzerinde $13,33 \times I = 13,33 \times 7,2 \cong 96 \text{ V}$, 20Ω direnç üzerinde ise $20 \times I = 20 \times 7,2 = 144 \text{ V}$ gerilim oluşur.

Sözü edilen 96 V'luk gerilim, bir önceki devre şemasında 40Ω ve 20Ω değerindeki dirençler üzerindeki gerilim demektir.

Öyleyse 40Ω direnç üzerinden akan I_1 akımı $96/40 = 2,4$ A olacaktır.

c) I_2 akımının devrenin toplam akımına eşit olduğu şekilden görülebilir. Yani $I_2 = 7,2$ A dir.

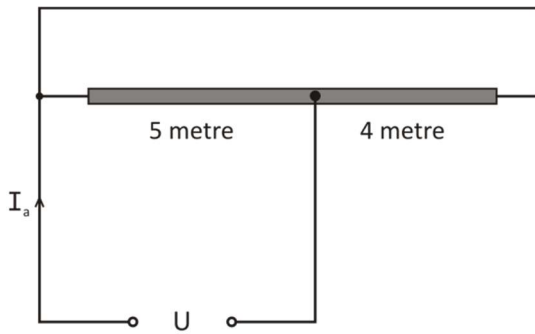
d) Yukarıda (b) şıkında hesaplanan 144 voltluk gerilim, aynı zamanda 60Ω ve 30Ω dirençler üzerindeki gerilimdir.

Öyleyse 30Ω direnç üzerindeki gerilim $U_3 = 144$ volt olacaktır.

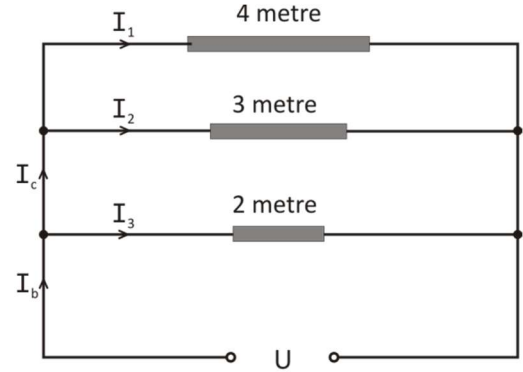
e) 60Ω değerindeki direnç üzerindeki gerilim 144 volt olduğuna göre, bu direnç üzerinde harcanan güç;

$$P = U.I = U.U/R = U^2/R = 144^2/60 = 20736/60 = 345,6 \text{ watt olarak hesaplanır.}$$

SORU 20: Şekil-1 deki 9metre uzunluğundaki direnç teli bölünerek Şekil-2 deki gibi bağlanmıştır.



Şekil 1



Şekil 2

- a) $\frac{I_1}{I_2}$, $\frac{I_1}{I_3}$ ve $\frac{I_3}{I_2}$ oranlarını hesaplayınız.
- b) $\frac{I_b}{I_a}$, $\frac{I_a}{I_c}$ ve $\frac{I_b}{I_c}$ oranlarını hesaplayınız.

YANIT:

Direnç telinin her metresine R diyelim.

Şekil 1'de eşdeğer direnç $R_{e1} = \frac{4R \times 5R}{4R + 5R} = \frac{20}{9} R$ dir.

O zaman $I_a = \frac{9U}{20R}$ olur.

Şekil 2'de eşdeğer direnç $R_{e2} = \frac{2R \times 3R \times 4R}{2R + 3R + 4R} = \frac{24}{9} R$ dir.

Dolayısıyla $I_b = \frac{9U}{24R}$ olur.

$I_1 = \frac{U}{4R}$, $I_2 = \frac{U}{3R}$ ve $I_3 = \frac{U}{2R}$ olduğunu kolayca görebiliriz.

$I_c = I_1 + I_2$ olduğundan $I_c = \frac{U}{4R} + \frac{U}{3R} = \frac{7U}{12R}$ dir.

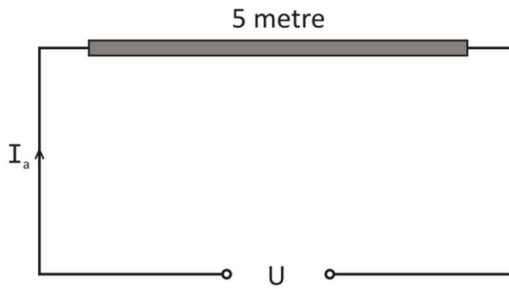
a) Yukarıda I_1 , I_2 ve I_3 için yazılanları yerli yerine koyarsak:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{3}{4} , \frac{I_1}{I_3} = \frac{1}{2} \text{ ve } \frac{I_3}{I_2} = \frac{3}{2} \text{ olur.}$$

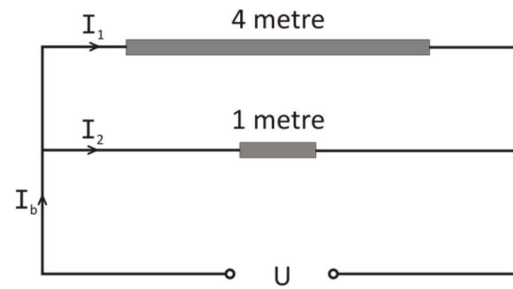
b) Yukarıda I_a , I_b ve I_c için yazılanları yerli yerine koyarsak:

$$\frac{I_b}{I_a} = \frac{5}{6} , \frac{I_a}{I_c} = \frac{27}{35} \text{ ve } \frac{I_b}{I_c} = \frac{9}{14} \text{ olur.}$$

SORU 21: Şekil-1 deki 5 metre uzunluğundaki direnç teli bölünerek Şekil-2 deki gibi bağlanmıştır.



Şekil 1



Şekil 2

- a) $\frac{I_1}{I_2}$ oranı kaçtır?
- b) $\frac{I_a}{I_b}$ oranı kaçtır?

YANIT:

Direnç telinin her metresine R diyelim.

O zaman $I_a = \frac{U}{5R}$ olur.

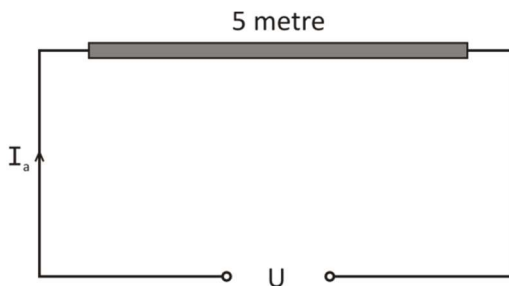
Şekil 2'de eşdeğer direnç $R_e = \frac{4R \times 1R}{4R + 1R} = \frac{4}{5} R$ dir.

Dolayısıyla $I_b = \frac{5U}{4R}$ olur.

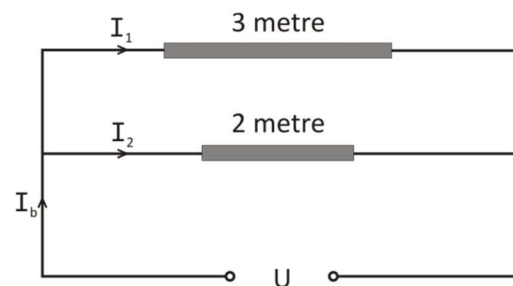
$I_1 = \frac{U}{4R}$ ve $I_2 = \frac{U}{R}$ olduğunu kolayca görebiliriz.

- a) Yukarıda I_2 ve I_a için yazılanları yerli yerine koyarsak $\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{4}$ olur.
- b) Yukarıda I_b ve I_a için yazılanları yerli yerine koyarsak $\frac{I_a}{I_b} = \frac{4}{25}$ olur.

SORU 22: Şekil-1 deki 5 metre uzunluğundaki direnç teli bölünerek Şekil-2 deki gibi bağlanmıştır.



Şekil 1



Şekil 2

- a) I_2/I_a oranı kaçtır?
- b) I_b/I_a oranı kaçtır?

YANIT:

Direnç telinin her metresine R diyelim.

O zaman $I_a = \frac{U}{5R}$ olur.

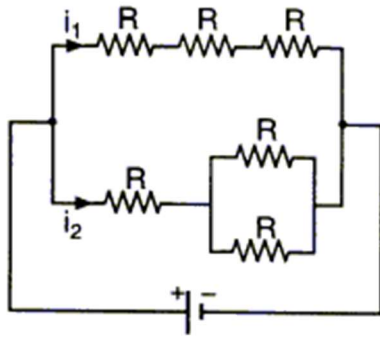
Şekil 2'de eşdeğer direnç $R_e = \frac{2R \times 3R}{2R + 3R} = \frac{6}{5} R$ dir.

Dolayısıyla $I_b = \frac{5U}{6R}$ olur.

$I_1 = \frac{U}{3R}$ ve $I_2 = \frac{U}{2R}$ olduğunu kolayca görebiliriz.

a) Yukarıda I_2 ve I_a için yazılanları yerli yerine koyarsak $\frac{I_2}{I_a} = \frac{5}{2}$ olur.

b) Yukarıda I_b ve I_a için yazılanları yerli yerine koyarsak $\frac{I_b}{I_a} = \frac{25}{6}$ olur.

SORU 23: Aşağıdaki şekilde i_1/i_2 oranı kaçtır?**YANIT:**

i_1 akımının aktığı seri bağlı 3 adet R direncinin olduğu kolun eşdeğer direnci $3R$ dir. Devre gerilimine U dersek, $i_1 = \frac{U}{3R}$ dir.

i_2 akımının aktığı paralel bağlı 2 adet R direncine seri bağlı bir adet R direncinin olduğu kolun eşdeğer direnci $3R/2$ dir. Devre gerilimine U dediğimize göre, $i_2 = \frac{U}{3R/2} = \frac{2U}{3R}$ dir.

Öyleyse $\frac{i_1}{i_2} = \frac{\frac{U}{3R}}{\frac{2U}{3R}} = \frac{1}{2}$ dir.

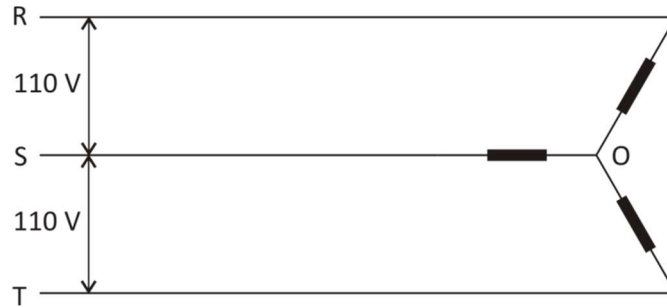
SORU 24: 220 V-1 kW değerinde 3 adet element, faz arası gerilimi 110 V olan şebekede yıldız olarak bağlanıyor. Buna göre;

- Her fazdan çekilen akım nedir?
- Sistemin toplam gücü ne kadardır?
- En küçük kablo kesiti ne olmalıdır?

Şekil çizerek hesaplayınız.

YANIT:

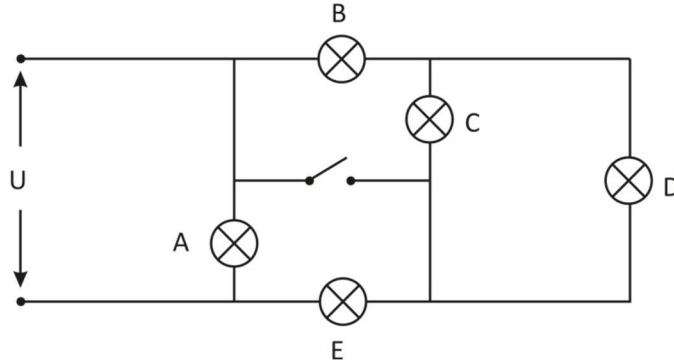
Önce gerekli devre şemasını çizelim.



- a) $P = U^2/R$ denkleminde hareketle elementlerin dirençlerini hesaplayalım:
 $R = U^2/P = 220^2/1000 = 48400/1000 = 48,4 \, \Omega$
 Elementler yıldız olarak bağlandıklarına göre O noktası sistemin nötür noktası olarak kabul edilebilir. O zaman her elemente faz arası gerilimi 110 V olan şebekenin faz-nötür gerilimi yani $110/\sqrt{3} = 63,5 \, V$ uygulanmış olacaktır.
 Buna göre her fazdan $I = U/R = 63,5/48,4 = 1,31 \, A$ akım akacaktır.
- b) Fazlardan çekilen akımlar eşit ve 1,31 A olduğuna göre, yıldız bağlı durum için toplam güç $P = 3.U.I = 3 \times 63,5 \times 1,31 = 249,55 \, W$ olarak hesaplanır.
- c) 1,31 A akımı taşıyabilen kablolar kullanılabilir. Standart tesisat kablosu olarak $1 \, mm^2$ kesitli kablo yeterlidir.

SORU 25:

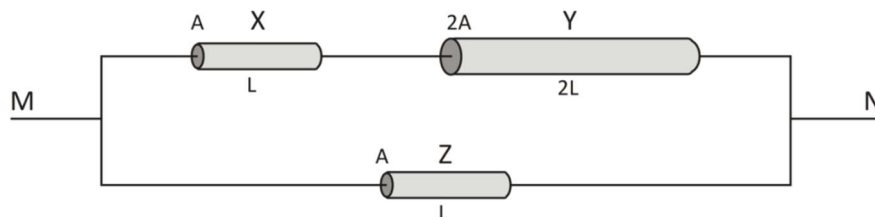
Şekildeki devrede anahtar açıkken tüm lambalar yanıyor. Anahtar kapatılırsa hangi lambalar yanmaya devam eder?

**YANIT:**

Anahtar kapatıldığı zaman B, C ve D lambaları kısa devre edilmiş olacağından yalnızca A ve E lambaları paralel bağlı olarak yanmaya devam edeceklerdir.

SORU 26:

Şekildeki devrede X, Y ve Z telleri aynı maddeden yapılmıştır. L telin uzunluğu ve A telin kesit alanıdır. X telinin direnci R ise M-N arasındaki eşdeğer direnç kaç R dir?



YANIT:

İletkenlerde direnç hem kesitle ve hem de uzunlukla değişmektedir.

İletkenin direnci = İletkenin uzunluğu / (kesit x özgül iletkenlik) $\rightarrow R = L / (q \cdot \chi)$

Aynı malzemeden yapılmış teller için özül iletkenlik de aynıdır.

X telinin direnci $R_x = L / (A \cdot \chi) = R$

Y telinin direnci $R_y = 2L / (2A \cdot \chi) = L / (A \cdot \chi) = R$

Z telinin direnci $R_z = L / (A \cdot \chi) = R$ olduğunu görüyoruz.

Yani tüm tellerin dirençleri eşittir.

Bu durumda 2 adet R direnci seri bağlandıktan sonra diğer bir R direncine paralel bağlanmışlardır.

O zaman M-N arasındaki eşdeğer direnç $R_E = \frac{2R \cdot R}{2R + R} = \frac{2}{3}R$ olarak hesaplanır.

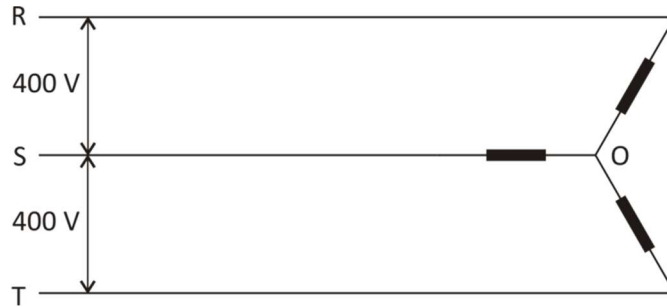
SORU 27: 220 V-1 kW değerinde 3 adet element, fazarası gerilimi 400 V olan şebekede yıldız olarak bağlanıyor. Buna göre;

- Her fazdan çekilen akım nedir?
- Sistemin toplam gücü ne kadardır?
- En küçük kablo kesiti ne olmalıdır?

Şekil çizerek hesaplayınız.

YANIT:

Önce gerekli devre şemasını çizelim.



- $P = U^2/R$ denkleminde hareketle elementlerin dirençlerini hesaplayalım:

$$R = U^2/P = 220^2/1000 = 48400/1000 = 48,4 \, \Omega$$

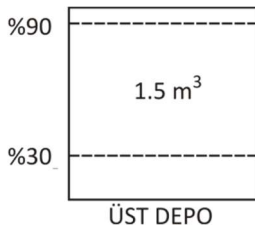
Elementler yıldız olarak bağlandıklarına göre O noktası sistemin nötr noktası olarak kabul edilebilir. O zaman her elemente faz arası gerilimi 400 V olan şebekenin faz-nötr gerilimi yani $400/\sqrt{3} = 230 \, V$ uygulanmış olacaktır.

Buna göre her fazdan $I = U/R = 230/48,4 = 4,75 \, A$ akım akacaktır.

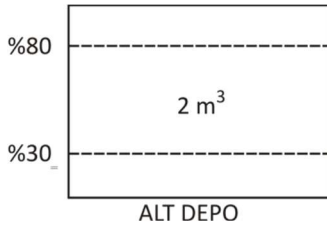
- Fazlardan çekilen akımlar eşit ve 4,75 A olduğuna göre, yıldız bağlı durum için toplam güç $P = 3 \cdot U \cdot I = 3 \times 230 \times 4,75 = 3277,5 \, W$ olarak hesaplanır.
- 4,75 Amper akımı taşıyabilen kablolar kullanılabilir. Standart tesisat kablosu olarak 1 mm² kesitli kablo yeterlidir.

SORU 28: Aşağıdaki açıklamaları dikkatle okuduktan sonra şu soruya yanıt veriniz:

Alt depo dolu iken (şehir şebeke suyu akmazken) su motoru çalışmaya başlarsa hangi deponun seviye şalteri motor için OFF komutu verecektir? Neden?



Üst Depo: Toplam kapasitesi $1,5 \text{ m}^3$ tür. Su seviye şalteri deponun doluluk oranı %90'a ulaştığında motora OFF, doluluk oranı %30'a düştüğünde ON komutu veriyor.



Alt Depo: Toplam kapasitesi 2 m^3 tür. Şehir şebekesinden doluyor, deponun %80'i dolduğunda su akışı kesiliyor. Su motoru çalıştığında doluluk seviyesi %30'a düşünce seviye şalteri motor için OFF komutu veriyor.

YANIT:

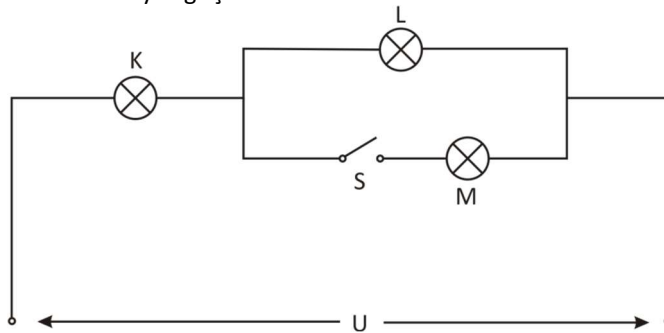
Depolardaki su seviye şalterlerinin çalışma konumlarına göre;

ÜST DEPO: Depo kapasitesinin %90-%30=%60'ı kadar, yani $0,60 \times 1,5 = 0,9 \text{ m}^3$ su alabilecektir.

ALT DEPO: Depo kapasitesinin %80-%30=%50'si kadar, yani $0,50 \times 2 = 1 \text{ m}^3$ su verebilecektir.

Bu hesaplamalardan anlaşılabileceği gibi, alt depo dolu iken üst depodaki seviye şalteri motoru çalıştırdığı zaman üst depo doluncaya kadar motor çalışacak ve ayarlandığı konuma gelince **üst deponun** seviye şalteri motora OFF komutu verecektir.

SORU 29: Şekildeki devrede S anahtarı açıkken K ve L lambaları belli bir düzeyde ışık vermektedirler. S anahtarını kapatırsak K ve L lambalarının vereceği ışıklarda artma veya azalma olur mu, neden? NOT: 3 lamba da aynı güçtedir.



YANIT:

S anahtarı kapatıldığı zaman L ve M lambaları paralel bağlanmış olacaklardır. Bu durumda (iki direncin paralel bağlanması durumunda) L ve M lambalarının eşdeğer direnci her iki lambanın direncinden küçük olacaktır.

U gerilimi lambalar üzerinde bölüşülmektedir ve her lamba, direnciyle orantılı olarak gerilimden pay almaktadır. Yani büyük dirençli lambanın üstlendiği gerilim daha fazla olur. L ve M lambaları aynı gerilimin etkisi altında kalacaklardır. S anahtarı kapatıldığında L lambasının üzerine düşen gerilim (S anahtarı kapatıldığı zaman L ve M lambalarının eşdeğer direnci L lambasının direncinden daha az olacağı için) azalacaktır. Aynı U gerilimini bölüştükleri için S anahtarı kapatıldığında K lambasının üzerine düşen gerilim artacaktır.

Omik dirençli lambalarda gerilim arttıkça lambanın verdiği ışığın şiddeti de artar. Buna göre S anahtarı kapatılınca K lambasının verdiği ışık artar, L lambasının verdiği ışık ise azalır.

SORU 30: 1 adet 100 W ve 1 adet 60 W standart 220 voltluk lamba 240 V/50 Hz şebekeye paralel olarak bağlanmıştır.

- Her lambanın üzerine düşen gerilim kaç voltur?
- 100 W lambanın çektiği akım kaç amperdir?
- 60 W lambanın çektiği akım kaç amperdir?
- Şebekeden çekilen toplam akım kaç amperdir?

YANIT:

- Lambalar şebekeye paralel olarak bağlandıklarına göre her bir lambaya şebeke gerilimi uygulanmış olmaktadır. Yani her lambanın üzerine düşen gerilim 240 voltur.
- Lamba direnci her halukarda sabit olduğuna göre aynı lambanın farklı gerilimlerde kullanılması durumlarında çekecekleri akımları hesaplamak için aşağıdaki işlemleri yapabiliriz.

$$I_{220} = \frac{U_{220}}{R} = \frac{220}{R} \quad \text{ve} \quad I_{240} = \frac{U_{240}}{R} = \frac{240}{R} \quad \text{genel formüllerinden hareketle}$$

$$\frac{I_{240}}{I_{220}} = \frac{240/R}{220/R} = \frac{240}{220} = 1,09 \Rightarrow I_{240} = 1,09 \times I_{220} \text{ olur.}$$

Lambalar 220 voltluk gerilim için üretildiğine göre;

$$100 \text{ W lamba için } I_{220} = P/220 = 100/220 = 0,4545 \text{ A,}$$

$$60 \text{ W lamba için } I_{220} = P/220 = 60/220 = 0,2727 \text{ A olarak bulunur.}$$

Bu değerlere göre, 240 voltluk şebekede;

$$100 \text{ wattlık lamba } 0,4545 \times 1,09 = 0,495 \text{ A akım çekecektir.}$$

- 60 wattlık lamba ise $0,2727 \times 1,09 = 0,297 \text{ A}$ akım çekecektir.
- Şebekeden çekilecek toplam akım, lambaların akımlarının toplamı yani,
 $I_T = 0,495 + 0,297 = 0,792 \text{ A}$ olacaktır.

Yukarıdaki yöntemle bulduğumuz sonuçları lambaların dirençlerini hesaplayarak ve dirençlere göre işlemler yaparak da bulabiliriz. Şöyle ki;

$$100 \text{ W lambanın direnci } R_{100} = U^2/P = 220^2/100 = 48400/100=484 \Omega \text{ dur.}$$

$$60 \text{ W lambanın direnci } R_{60} = U^2/P = 220^2/100 = 48400/60=806,66 \Omega \text{ dur.}$$

Bu değerlere göre 240 V gerilim altında;

$$100 \text{ W lamba } I=U/R=240/484=0,495 \text{ A}$$

$$60 \text{ W lamba ise } I=U/R=240/806,66=0,297 \text{ A akım çekecektir.}$$

Şebekeden çekilen toplam akım da $I_T = 0,495 + 0,297 = 0,792 \text{ A}$ olacaktır.

SORU 31: Kırsal kesimde birbirlerine yakın konumda olan 3 adet konut 16 kVA'lık tek fazlı bir trafodan beslenmektedir. Tüm konut sahipleri gerilimin çok düşük olduğundan şikayet etmektedirler. 16 kVA'lık trafoyu söküp yerine daha büyük güçte tek fazlı bir trafo (örneğin 37,5 kVA'lık bir trafo) takılması halinde konutların geriliminde nasıl bir değişim olur?

YANIT:

Trafonun gücünün (kapasitesinin) yükseltilmesi, daha yüksek gerilim verilmesi ile aynı anlamı taşımamaktadır. Yani daha büyük güçte trafo takmakla gerilim düşümü giderilemez.

Gerilim düşümünün giderilmesi için,

- Konutları besleyen alçak gerilim dağıtım şebekesinde iyileştirmeler yapılması veya
- Trafoyu besleyen orta gerilim şebekesinde iyileştirmeler yapılması veya
- Trafonun kademe ayarlarının yükseltilmesi seçeneklerinden birinin veya birkaçının yapılması gerekir.

Daha güçlü bir trafo takılması durumunda konutların geriliminde herhangi bir değişiklik olmaz.

- SORU 32:** a) Bir tesiste bir ana panodan birbirlerini besleyecek 4 ayrı dağıtım tablosu kullanılmıştır. Kullanıcıların herhangi bir toprak arızası durumunda asgari mağduriyet yaşaması için toprak kaçak otomatiklerini hangi hassasiyetlerde seçersiniz? (Ana kesici 160 A'dır)
- b) Bu tesis için merkezi topraklama yapılacak olursa topraklamanın değeri ne kadar olmalıdır?

YANIT:

- a) Her toprak arızası olduğunda en baştaki toprak otomatığının atması uygun bir çalıştırma yöntemi değildir. Böyle sıkıntılı durumların yaşanmaması için seçici koruma yapmak gerekir.
- Tesisatın farklı noktalarında farklı çalışma akımlarına sahip toprak otomatikleri kullanarak ve en uçtaki otomatığinkini en küçük ve en baştaki otomatığinkini en yüksek olacak şekilde seçmek suretiyle seçici koruma sağlanabilir.
- Buna göre en uç noktadan başlamak üzere toprak otomatiklerinin çalışma akımlarını 30 mA, 100 mA, 300 mA ve 500 mA olarak seçersek toprak arızalarında en az düzeyde mağduriyet yaşanmasını sağlamış oluruz.
- b) Ana kesici 160 A olduğuna göre (hassas koruma elemanı MCCB kullanıldığını varsayarak) tesisin merkezi topraklama direncinin en çok;
- $$R_t = U_f / (1,5 \times I) = 240 / (1,5 \times 160) = 1,0 \, \Omega \text{ olması gerekir.}$$

- SORU 33:** **Current Operated** (akım ile çalışan) otomatikli bir dağıtım tablosu ile yapılan bir tesisatta arıza nedeniyle otomatik sürekli olarak açmaktadır. Böyle bir arızaya gittiniz ve elinizdeki megger ölçü aleti ile MΩ kademesinde aşağıdaki ölçümleri yaptınız. Arıza hakkında ne dersiniz?

- a) DT ile Ana kesici arasındaki kolon hattında (DT Ana Kesicisi OFF konumunda);
F-N: $\infty \, M\Omega$ F-E: 20 MΩ N-E: 25 MΩ
- b) DT ile Semaver arasında;
F-N: 0 MΩ F-E: 20 MΩ N-E: 20 MΩ
- c) Su motoru devresinde;
F-N: 0 MΩ F-E: 0,1 MΩ N-E: 0,2 MΩ
- d) Ring devresinde;
F-N: $\infty \, M\Omega$ F-E: 25 MΩ N-E: $\infty \, M\Omega$

YANIT:

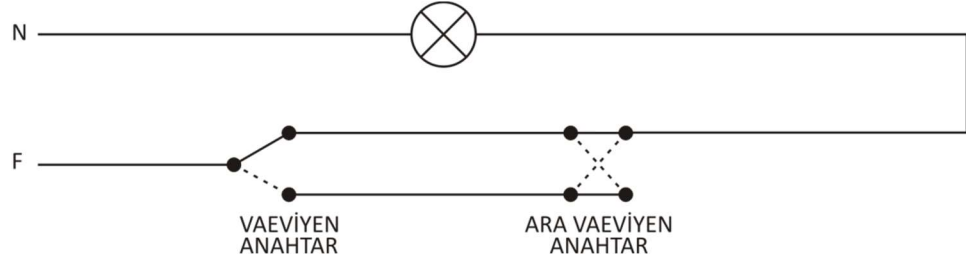
Ölçüm sonuçlarına göre değerlendirmeler yapalım:

- a) Kolon hattında yapılan ölçümde Faz-Nötür, Faz-Toprak ve Nötür-Toprak arasında herhangi bir kaçak olmadığı, yalıtım dirençlerinin normal düzeyde oldukları görülüyor.
- b) Dağıtım tablosu ile semaver arasında yapılan ölçümlerde Faz-Toprak ve Nötür-Toprak arasında yeterli yalıtımın olduğu ve Faz-Nötür arasındaki ölçümde de elementin direncinin sağlam olduğu görülüyor.
- c) Su motoru devresinde Faz-Nötür arasında sargının devamlılığı normal iken Faz-Toprak ve Nötür-Toprak arasında yalıtım zayıflığı görülmektedir.
- Yalıtımda zayıflama, kaçak akıma neden olur. Ölçülen en düşük yalıtım direncine göre;
 $I = U/R = 240 \, V / 0,1 \, M\Omega = 240 \, V / 100000 \, \Omega = 0,0024 \, A = 2,4 \, mA$ büyüklüğünde bir kaçak akım söz konusudur. Motor çalışmaya başladıktan sonra ısınma nedeniyle yalıtımdaki zayıflama artacak, yalıtım direnci düşecek ve dolayısıyla kaçak akım artacaktır. Bu kaçak akım, toprak otomatığını çalıştırabilecek düzeye geldiğinde otomatik görev yapacak ve enerjiyi kesecektir.
- d) Ring devresinde yapılan ölçümde Faz-Nötür, Faz-Toprak ve Nötür-Toprak arasında herhangi bir kaçak olmadığı, yalıtım dirençlerinin normal düzeyde oldukları görülüyor. Bu ölçümlere göre "*motor devresinin arızalı olduğuna*" karar verilir.

SORU 34: Koridor lambasını bir adet vaeviyen ve bir adet ara vaeviyen kullanarak çalıştırabilir misiniz? Şekil çizerek açıklayınız.

YANIT:

Bir lambanın iki yerden çalıştırılması için iki adet vaeviyen anahtar gerekir. Ara vaeviyen anahtar aynı zamanda vaeviyen anahtar olarak kullanılabilirse soruda verilen elemanlar ile çözüm sağlanabilir. Kurulacak devreyi çizelim:



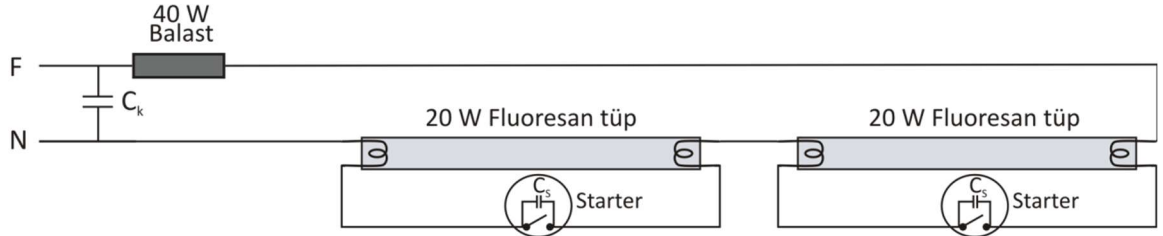
Anahtarların değişik konumlarını denediğimizde devrenin sorunsuz olarak çalışabileceğini görürüz. Demek ki istenirse vaeviyen anahtar yerine ara vaeviyen anahtar kullanılabilir.

SORU 35: Bir adet 40W mekanik balast ile 2 adet 1x20W fluoressan lambayı nasıl çalıştırırsınız? Çizerek anlatınız. Bu devredeki elemanların tek tek görevlerini anlatınız.

YANIT:

Bir adet mekanik balast ile iki adet fluoressan lamba çalıştırılabilir. Bunu, bağlantıları doğru yaparak sağlayabiliriz.

Aşağıdaki devre şemalarında görüldüğü gibi seri bağlantı ile lambalar çalıştırılabilir. Balastın gücü, lambaların güçlerinin toplamından az olmamalıdır.



Bu devrelerdeki elemanların görevlerini şöyle anlatabiliriz:

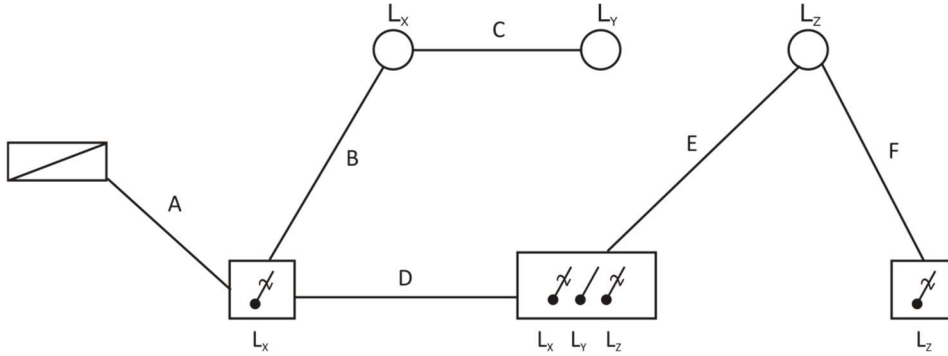
Balast: Gazlı deşarj lâmbalarında flamanlar arasına uygulanan gerilimi, deşarjı başlatacak büyüklüğe kadar yükselten ve deşarjın devam etmesi için gereken düzeyde tutan bir devre elemanıdır. Bir diğer adı da **şok bobini**'dir. Deşarj lâmbalarında kullanılır.

Kondansatör: İki iletken tabaka ile bunların arasındaki dielektrik (yalıtkan) tabakadan oluşan bir devre elemanıdır. Kondansatörler, birimi Farad olan kapasite (sığa) değerleri ile anılırlar. Fluoressan lâmba devrelerinde Faz-Nötür arasına bağlanan kondansatör (C_k) kompanzasyonu sağlamak, starterin uçlarına bağlanan (starterin içerisinde bulunan) kondansatör (C_s) de radyo parazitlerini gidermek amacıyla kullanılır.

Fluoressan tüp: İç yüzeyi fluoressan madde ile kaplanmış, uç kısımlarına flamanlar yerleştirilmiş bir cam tüptür. Fluoressan maddelerin uygun karışımları kullanılarak çok çeşitli renkte ışık elde edilebilir.

Starter: Cam bir balon içinde, neon gazı doldurulmuş ve iki elektrodu bulunan silindirik şekilde bir kaptır. Starterin elektrotlarından biri soru işareti şeklinde ve bimetal şeritten (sıcaklıkla uzama katsayıları farklı olan iki madensel şeritten-örneğin demir ve bakırdan-) yapılmıştır. Görevi, fluoressan lâmbanın elektrotlarını ısıtmak için devreden kuvvetli bir akım akıtılmasını sağlamaktır.

SORU 36: Dağıtım panosu, lamba kutuları, anahtar kutuları ve PVC boruları aşağıdaki gibi döşenmiş bir tesisatta 100'er wattlık L_x , L_y ve L_z lambalarını istenildiği gibi açıp kapayabilmek için A, B, C, D, E ve F borularından çekilmesi gereken kabloların kesit, renk ve adetlerini belirtiniz.



YANIT:

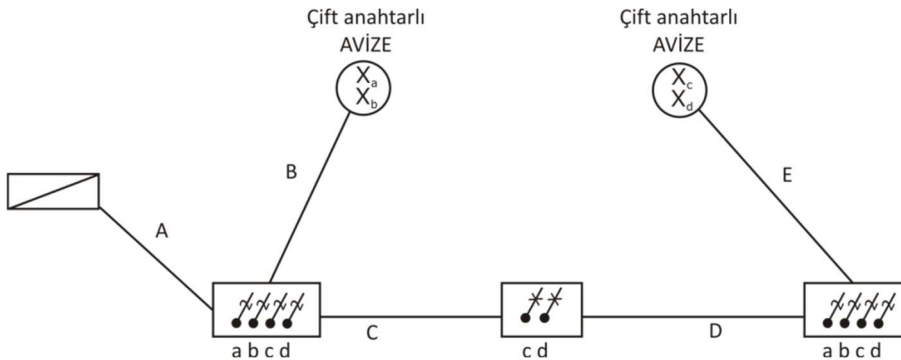
Borular içerisindeki kabloların sayıları aşağıdaki tabloda belirtildiği gibidir.

	A	B	C	D	E	F
Kırmızı	1	2	1	2	-	1
Siyah	1	1	1	1	1	-
Mavi	-	-	-	2	2	2
Yeşil-Sarı	1	1	1	1	1	1

NOT:

- a) Tüm kablolar 1 mm² kesitinde olacaktır.
b) Mavi kablolar vaeviyen anahtarlar arasına çekilen kablolardır. Karışıklık olmasın diye bu renk seçilmiştir. İstenirse kırmızı da kullanılabilir.

SORU 37: Dağıtım panosu, lamba kutuları, anahtar kutuları ve PVC boruları aşağıdaki gibi döşenmiş bir tesisatta **a,b,c,d** lambalarını istenildiği gibi açıp kapayabilmek için A, B, C, D ve E borularından çekilmesi gereken kabloların kesit, renk ve adetlerini belirtiniz. (Vaeviyen anahtarlar arasına mavi renk kablo kullanılacaktır.)



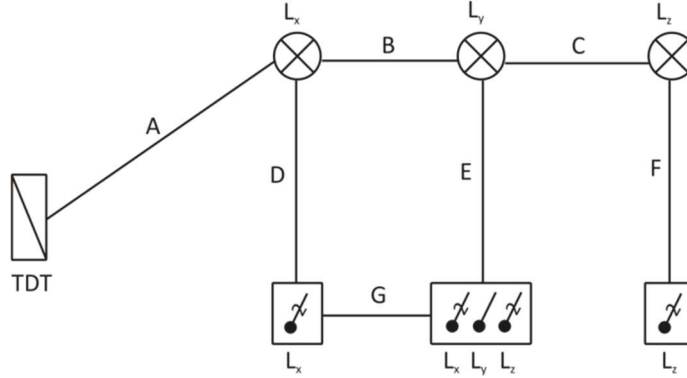
YANIT:

Borular içerisindeki kabloların sayıları aşağıdaki tabloda belirtildiği gibidir.

	A	B	C	D	E
Kırmızı	1	2	1	1	2
Siyah	1	1	1	1	1
Mavi	-	-	8	8	-
Yeşil-Sarı	1	1	1	1	1

NOT: Tüm kablolar 1 mm² kesitinde olacaktır.

SORU 38: PVC boru ve kutu döşemesi aşağıdaki şekilde gösterilen bir tesisatta A, B, C, D, E, F ve G boruları içerisine **en ekonomik** şekilde döşenmesi gereken kabloları sayı ve renk olarak belirtiniz.



YANIT:

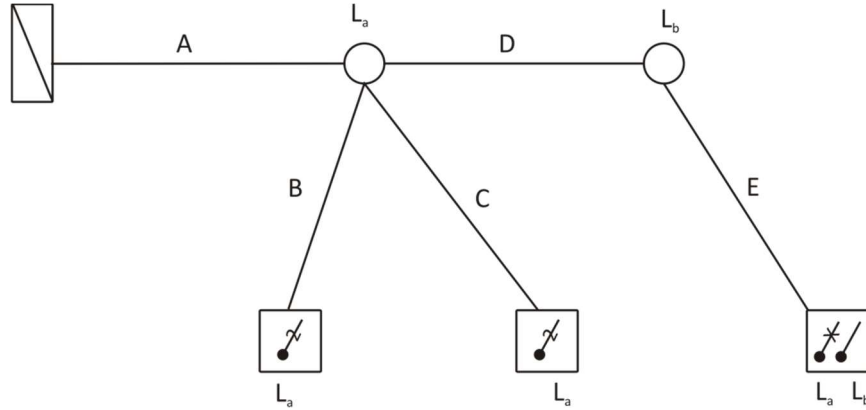
Borular içerisindeki kabloların sayıları aşağıdaki tabloda belirtildiği gibidir.

	A	B	C	D	E	F	G
Kırmızı	1	1	-	1	2	1	-
Siyah	1	1	1	-	-	-	-
Mavi	-	-	2		2	2	2
Yeşil-Sarı	1	1	1	1	1	1	-

NOT:

- Tüm kablolar 1 mm² kesitinde olacaktır.
- Mavi kablolar vaeviyen anahtarlar arasına çekilen kablolardır. Karışıklık olmasın diye bu renk seçilmiştir. İstenirse kırmızı da kullanılabilir.
- G borusunun varlığı nedeniyle değişik çözümler de olanaklıdır. Tablodaki değerler bunlardan birisidir.

SORU 39: Aşağıdaki tesisatta A, B, C, D ve E pvc borularına döşenecek kabloları renkleri ile birlikte belirtiniz.



YANIT:

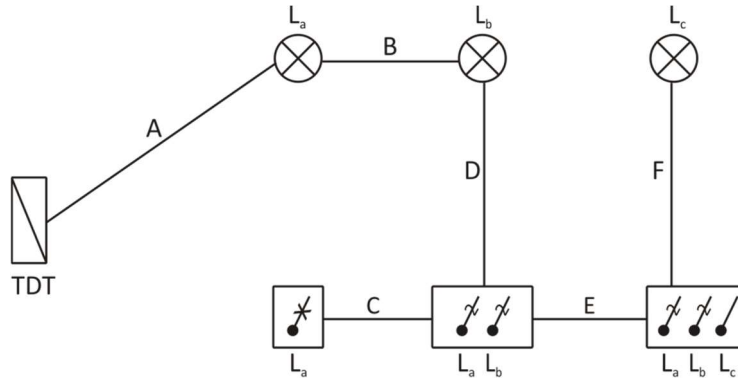
Borular içerisindeki kabloların sayıları aşağıdaki tabloda belirtildiği gibidir.

	A	B	C	D	E
Kırmızı	1	1	1	1	2
Siyah	1	-	-	1	-
Mavi	-	2	2	4	4
Yeşil-Sarı	1	1	1	1	1

NOT:

- Tüm kablolar 1 mm² kesitinde olacaktır.
- Mavi kablolar vaeviyen ve ara vaeviyen anahtarlar arasına çekilen kablolardır. Karışıklık olmasın diye bu renk seçilmiştir. İstenirse kırmızı da kullanılabilir.

SORU 40: Aşağıdaki tesisatta A, B, C, D, E ve F pvc borularına döşenecek kabloları renkleri ile birlikte belirtiniz.



YANIT:

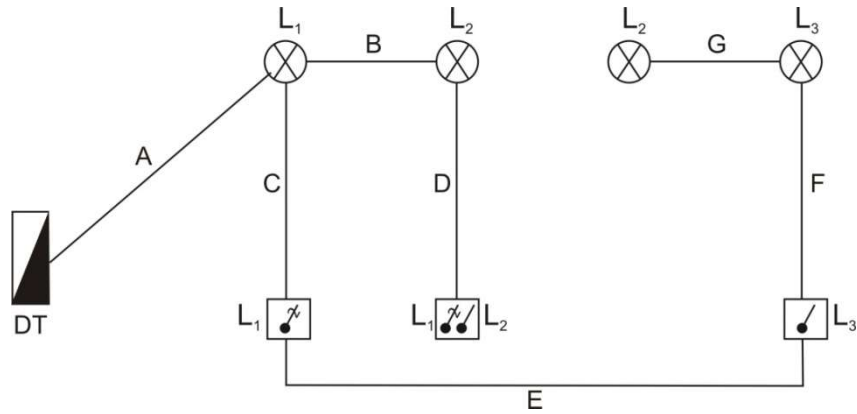
Borular içerisindeki kabloların sayıları aşağıdaki tabloda belirtildiği gibidir.

	A	B	C	D	E	F
Kırmızı	1	2	-	3	1	1
Siyah	1	1	-	1	1	1
Mavi	-	-	4	-	4	-
Yeşil-Sarı	1	1	1	1	1	1

NOT:

- Tüm kablolar 1 mm² kesitinde olacaktır.
- Mavi kablolar vaeiyen ve ara vaeiyen anahtarlar arasına çekilen kablolardır. Karışıklık olmasın diye bu renk seçilmiştir. İstenirse kırmızı da kullanılabilir.

SORU 41: Aşağıdaki tesisatta A, B, C, D, E, F ve G pvc borularına döşenecek kabloları renkleri ile birlikte belirtiniz.



YANIT:

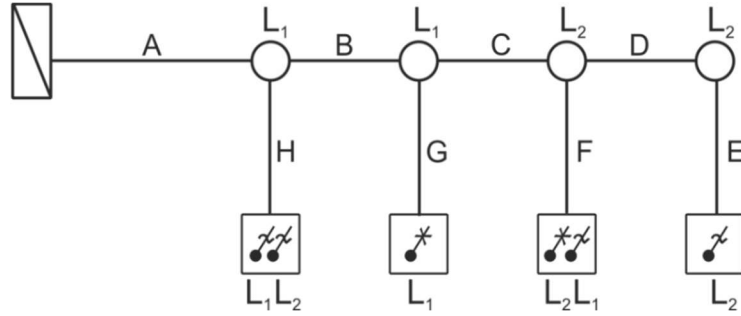
Borular içerisindeki kabloların sayıları aşağıdaki tabloda belirtildiği gibidir.

	A	B	C	D	E	F	G
Kırm	1	2	3	2	2	2	1
Siyah	1	1	1	-	1	1	1
Mavi	-	2	2	2	-	-	-
Yeşil-Sarı	1	1	1	1	1	1	1

NOT:

- Tüm kablolar 1 mm² kesitinde olacaktır.
- Mavi kablolar vaeiyen ve ara vaeiyen anahtarlar arasına çekilen kablolardır. Karışıklık olmasın diye bu renk seçilmiştir. İstenirse kırmızı da kullanılabilir.

SORU 42: Aşağıdaki tesisatta A, B, C, D, E, F, G ve H pvc borularına döşenecek kabloları renkleri ile birlikte belirtiniz.



YANIT:

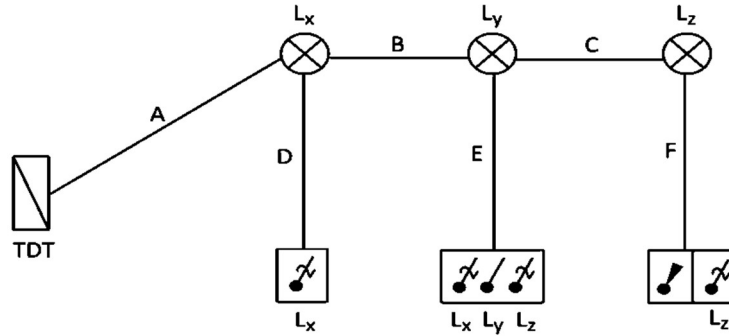
Borular içerisindeki kabloların sayıları aşağıdaki tabloda belirtildiği gibidir.

	A	B	C	D	E	F	G	H
Kırm	1	1	1	1	1	1	-	1
Siyah	1	1	1	1	-	-	-	-
Mavi	-	4	4	2	2	6	4	4
Yeşil-Sarı	1	1	1	1	1	1	1	1

NOT:

- Tüm kablolar 1 mm² kesitinde olacaktır.
- Mavi kablolar vaeviyen ve ara vaeviyen anahtarlar arasına çekilen kablolardır. Karışıklık olmasın diye bu renk seçilmiştir. İstenirse kırmızı da kullanılabilir.

SORU 43: Aşağıdaki gibi döşenmiş borular kullanılarak 3 adet lambaya çeşitli anahtarlarla kumanda edilecektir. Dimmer anahtar tüm lambaların ışık şiddetini kontrol edecektir. Buna göre A, B, C, D, E ve F borularına çekilecek kabloların sayılarını renklerine göre yazınız.



YANIT:

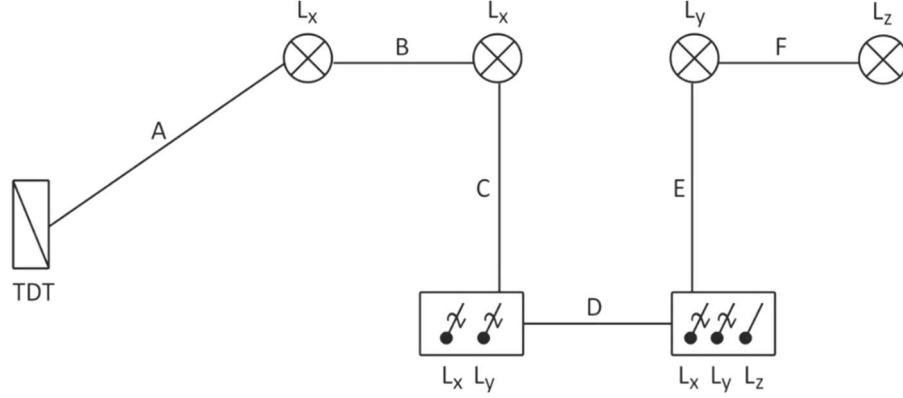
Borular içerisindeki kabloların sayıları aşağıdaki tabloda belirtildiği gibidir.

	A	B	C	D	E	F
Kırm	1	1	3	1	3	2
Siyah	1	1	1	-	-	-
Mavi	-	2	2	2	4	2
Yeşil-Sarı	1	1	1	1	1	1

NOT:

- Tüm kablolar 1 mm² kesitinde olacaktır.
- Mavi kablolar vaeviyen ve ara vaeviyen anahtarlar arasına çekilen kablolardır. Karışıklık olmasın diye bu renk seçilmiştir. İstenirse kırmızı da kullanılabilir.

SORU 44: Aşağıdaki gibi döşenmiş borular kullanılarak 4 adet lambaya çeşitli anahtarlarla kumanda edilecektir. Buna göre A, B, C, D, E ve F borularına çekilecek kabloların sayılarını renklerine göre yazınız.



YANIT:

Borular içerisindeki kabloların sayıları aşağıdaki tabloda belirtildiği gibidir.

	A	B	C	D	E	F
Kırmızı	1	2	2	1	2	1
Siyah	1	1	1	1	1	1
Mavi	-	-	-	4	-	-
Yeşil-Sarı	1	1	1	1	1	1

NOT:

- Tüm kablolar 1 mm² kesitinde olacaktır.
- Mavi kablolar vaeviyen anahtarlar arasına çekilen kablolardır. Karışıklık olmasın diye bu renk seçilmiştir. İstenirse kırmızı da kullanılabilir.

SORU 45: Aşağıdakileri yanıtlayınız.

- 60 A, 300 mA değerindeki bir toprak otomatığinden 100 A akım çekilirse ne olur?
- 100 A değerindeki Dağıtım Panosu ayırıcısı (Main Switch) üzerinden 170 A akım çekilirse ne olur?

YANIT:

- 60 A, 300 mA değerindeki bir toprak otomatığinde;
60 A, cihazın nominal akımıdır. Cihaz, koruduğu devrelerin toplam akımları 60 amper oluncaya kadar güvenli olarak görev yapabilir. Eğer otomatığın sargıları ve bıçakları üzerinden 60 amperden daha yüksek akım akıtılacak olursa ısınma oluşacak ve bu nedenle sargılar ve bıçaklar deforme olacak ve açmasının gerektiği zamanlarda açamayacaktır. 100A değerindeki akım toprak otomatığinin yanmasına neden olacaktır.
300 mA, cihazın arıza açtırma akımıdır. Koruduğu devrede 300 mA veya daha büyük arıza (kaçak) akımı olması durumunda otomatik devreyi açacaktır. Bu açıdan bakıldığında çekilen akımın 60 amperden büyük veya küçük olmasının bir önemi yoktur.
- 100 A değerindeki Dağıtım Panosu ayırıcısı (Main Switch) üzerinden 170 A akım çekilirse, ayırıcının bıçakları kapasitesine oranla %70 aşırı akım taşımak zorunda kalacağından aşırı ısınma nedeniyle yanacaktır.

SORU 46: Element ölçümü ile ilgili aşağıdaki soruyu yanıtlayınız.

- a) Megger ölçü aleti ile yapılan ölçümde aşağıdaki değerler bulunmuştur:
- | | |
|------------------------------------|----------------------------|
| Ohm kademesinde; | Megaohm kademesinde |
| F-N = 24,2 Ω | F-N = 0 M Ω |
| F-E = Sonsuz (∞) Ω | F-E = 20 M Ω |
- Bu element hakkındaki görüşleriniz nedir? Gücü ne kadardır?
- b) Başka bir element, başka bir megger ölçü aleti ile ölçülüyor. Ölçüm sonuçları:
- | | |
|------------------------------------|----------------------------|
| Ohm kademesinde | Megaohm kademesinde |
| F-N = 19 Ω | F-N = 1 M Ω |
| F-E = Sonsuz (∞) Ω | F-E = 10 M Ω |
- Bu ölçüm hakkında görüşleriniz nelerdir?

YANIT:

Ölçümlerde bulunan değerleri yorumlayarak sonuca varmaya çalışalım.

- a) Faz – Nötür arasında yapılan ölçüm elementin direncini verir. Ω kademesindeki ölçüm okunabilir bir değer olmalıdır. Bulunan değer (24,2 Ω) normal bir değerdir.
- Faz – Toprak arasında yapılan ölçüm elementin yalıtım (izolasyon) direncini verir. Ω kademesindeki ölçüm rakam olarak okunamayan çok yüksek bir değer (sonsuz) olmalıdır. Bulunan değer (∞ Ω) normal bir değerdir.
- Faz – Nötür arasında yapılan ölçüm elementin direncini verir. M Ω kademesindeki ölçüm okunamayacak kadar küçük (sıfır civarında) bir değer olmalıdır. Bulunan değer (0 M Ω) normal bir değerdir.
- Faz – Toprak arasında yapılan ölçüm elementin yalıtım (izolasyon) direncini verir. M Ω kademesindeki ölçüm okunabilir bir değer olmalıdır. Bulunan değer (20 Ω) normal bir değerdir.
- Bu ölçüm sonuçlarına göre elementin sağlam olduğunu söyleyebiliriz.
- Elementin gücü de;
- $$P = U^2/R = (240)^2/24,2 = 57600/24,2 = 2380 \text{ watt olarak hesaplarız. Bu değer pek alışılmış bir değer olmadığından 220 volta göre hesaplama yaparsak;}$$
- $$P = U^2/R = (220)^2/24,2 = 48400/24,2 = 2000 \text{ watt buluruz.}$$
- Yani element için "220 V/2000 W bir elementtir" diyebiliriz.
- b) Faz – Nötür arasında yapılan ölçüm elementin direncini verir. Ω kademesindeki ölçüm okunabilir bir değer olmalıdır. Bulunan değer (19 Ω) normal bir değerdir.
- Faz – Toprak arasında yapılan ölçüm elementin yalıtım (izolasyon) direncini verir. Ω kademesindeki ölçüm rakam olarak okunamayan çok yüksek bir değer (sonsuz) olmalıdır. Bulunan değer (∞ Ω) normal bir değerdir.
- Faz – Nötür arasında yapılan ölçüm elementin direncini verir. M Ω kademesindeki ölçüm okunamayacak kadar küçük (sıfır civarında) bir değer olmalıdır. Bulunan değer (1 M Ω) beklenmeyen ve ölçüme göre anlamı olmayan bir değerdir.
- Faz – Toprak arasında yapılan ölçüm elementin yalıtım (izolasyon) direncini verir. M Ω kademesindeki ölçüm okunabilir bir değer olmalıdır. Bulunan değer (10 Ω) normal bir değerdir?
- Bu ölçüm sonuçlarından *ölçü aletimizin M Ω kademesinin arızalı olduğu* sonucu çıkmaktadır. Çünkü Faz –Nötür arasında Ω ve M Ω kademelerinde yapılan ölçümlerin değerleri birbirlerine göre tutarsızlık göstermektedir.

SORU 47: Bir narenciye bahçesine kazılmış kuyu üzerine yapılan bahçe evine, güç katsayısı 0,8 olan 3 kVA'lık tek fazlı bir su motoru ve 1 adet 100 wattlık lambadan oluşan bir tesisat kurulmuştur.

- a) Motor ve lamba 2 saat 15 dakika çalıştırılırlarsa şebekeden çekilecek enerji ne kadar olacaktır?
- b) Şebekeden kaç amper akım çekilecektir?

YANIT:

Su motoru için $S=3$ kVA ve $\cos\phi=0,8$ olarak verildiğine göre motorun aktif gücünü hesaplayalım.
 $P_m = S \cdot \cos\phi = 3 \times 0,8 = 2,4$ kW olacaktır.

Tesisatın toplam aktif gücü $P_T = P_m + P_L = 2,4 + 0,1 = 2,5$ kW olarak hesaplanır.

- a) Motor ve lamba 2 saat 15 dakika çalıştırılırlarsa şebekeden çekilecek enerjinin ne kadar olacağı soruluyor.

Enerji (kWh) = Güç (kW) x Zaman (h) formülü ile işlem yapacağız.

Zamanı ondalık olarak ifade edebilmeliyiz. 15 dakikanın kaç saat olduğunu hesaplayalım.

60 dakika → 1 saat ise

15 dakika → kaç saattir? $\Rightarrow 15/60 = 1/4 = 0,25$ saat olduğunu buluruz.

O zaman 2 saat 15 dakika yerine 2,25 saat yazabiliriz.

Enerji = Güç x Zaman = 2,5 kW x 2,25 saat = 5,625 kWh olarak bulunur.

- b) Akımı hesaplamak için toplam görünen gücü bilmemiz gerekecektir.

Burada 3 kVA'lık bir motor ve 100 W'lık bir lamba söz konusudur. Görünen güç kVA cinsinden ifade edilir. Lambanın gücü watt cinsindendir. Lamba direnç yükü olduğundan lamba için $\cos\phi=1$ değerindedir. Buna göre lamba gücü 100 VA olarak alınabilir. Öyleyse toplam görünen güç $S=3000+100=3100$ VA'dır.

Toplam güç ve gerilim değerleri bilindiğine göre şebekeden çekilen akımın;

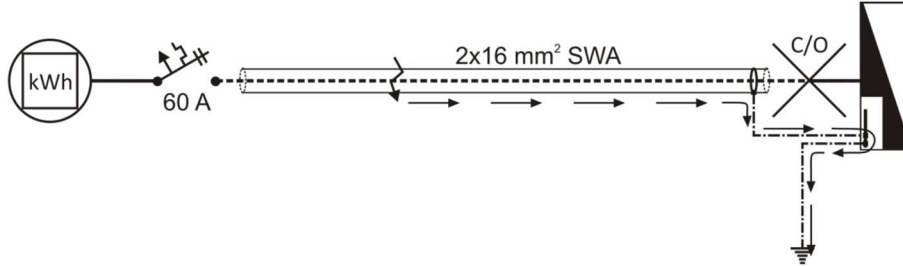
$I = S/U = 3100/240 = 12,92$ A olduğu hesapla bulunur.

SORU 48:

Bir evin bahçe duvarı üzerindeki sayaç dolabında sayaç, sayaç sigortası ve iki kutuplu 60A MCB bulunmaktadır. Sayaç dolabı ile ev arasına 2×16 mm² Cu. PVC/SWA/PVC kablo döşenmiştir. Kablonun zırhı evin içerisindeki Ana Dağıtım Tablosunun topraklama terminaline bağlanmıştır. Bahçe içerisinde kazı yapılırken kablo zedelenmiş ve zırh üzerinden toprağa akan bir arıza akımı oluşmuştur. Bu durumda ADT'nin yanındaki toprak otomatığı nasıl davranır? Neden?

YANIT:

Zırhlı yeraltı kablosunda oluşan arıza akımı, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi dağıtım tablosunun topraklama barasından geçerek toprağa akacaktır.



Arıza akımı toprak otomatığının dengeleme bobinlerinden akmadan toprağa gidecektir. Dağıtım tablosunun yanında bulunan toprak otomatığı, kendinden sonraki devrelerde faz-nötür-toprak iletkenleri arasında herhangi bir sorun olmadığı için söz konusu arızayı hissetmeyecek ve herşey normal imiş gibi ON konumunda çalışmaya devam edecektir.

Bu tip bağlantılarda yalnızca (arıza akımının yeterli büyüklüğe erişmesi halinde) sayacın yanındaki iki kutuplu MCB görev yapacaktır.

SORU 49:

Kompresörü 2,2 kW olan ve 240 V/50 Hz şebekede çalışan bir soğutucu, düzenli olarak 2 saat çalışıp 1 saat durmaktadır. Bu çalışma koşullarında soğutucunun 30 gün içerisinde tüketeceği aktif enerjiyi (kWh) hesaplayınız.

YANIT:

Soğutucu 2 saat çalışıp 1 saat durduğuna göre günde (24 saat) 16 saat çalışıp 8 saat durmaktadır. Buna göre 1 günde (çalıştığı 16 saat sonunda);

$A = P \cdot t = 2,2$ kW x 16 saat = 35,2 kWh enerji tüketecektir.

30 günde ise $30 \times 35,2 = 1056$ kWh enerji tüketecektir.

SORU 50: 3 dairesel bir apartmanın şebeke suyu dağıtımı şöyle yapılmıştır:

Bir adet 1 HP su motoru, zeminde gömülü 10 tonluk ana su deposundan aldığı suyu damdaki 3 adet 1,5 tonluk su depolarının tümüne birden seviye şalterleri yönetiminde basmaktadır. Dairelerin su sayaçları damdaki su depolarının çıkışlarına konmuştur. Damdaki her su deposunda %90 doluluğa ulaşıldığında su akışını kesen şamandıra ile %80 doluluğa ulaşıldığında motoru durduran ve % 20 seviyesine düştüğünde motoru çalıştıran seviye şalterleri kullanılmaktadır.

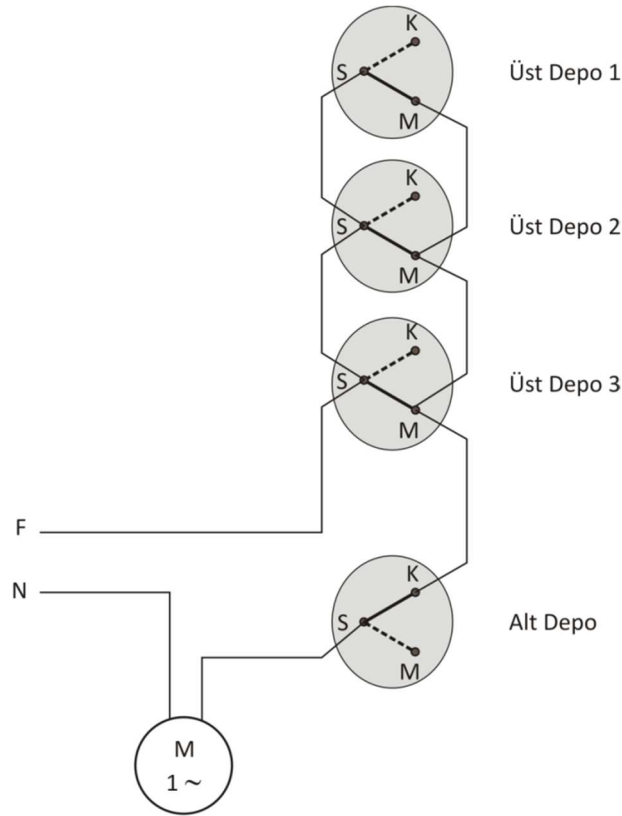
Zemindeki ana su deposundaki şamandıra %90 doluluk oranında su akışını kesmekte ve seviye şalteri de %20 doluluk oranında su motorunu durdurmaktadır.

Aşağıdaki koşulları sağlayan elektrik tesisatını kurunuz ve şemasını çizerek açıklayınız:

- Hangi depoda su biterse bitsin, alt depoda su olduğu sürece su motoru çalışacak,
- Seviye şalteri devreyi açınca kadar motor su basmaya devam edecek,
- Hiç bir depoda su taşması olmaması için şamandıralar kullanılacak.

YANIT:

Devre şeması aşağıdaki gibi olmalıdır.



Su motorunun istenen şekilde çalışması için damdaki depoların seviye şalterlerini paralel bağlamamız gerekecektir. Böylelikle hangi depoda su azalırsa azalsın motor çalışacak ve tüm depolara su basmaya başlayacaktır. Buna karşılık motorun durması için ya alt depoda suyun bitmesi veya damdaki tüm depoların dolması gerekecektir.

Diğer depolarda su miktarı daha fazla olduğundan bu depolar daha önce dolacak ve su akışı şamandıralar vasıtasıyla kesilecektir. Su motoruna çalıştırma emrini veren depo ise en son dolacağından bu deponun seviye şalterinin kumandası ile motor duracaktır.

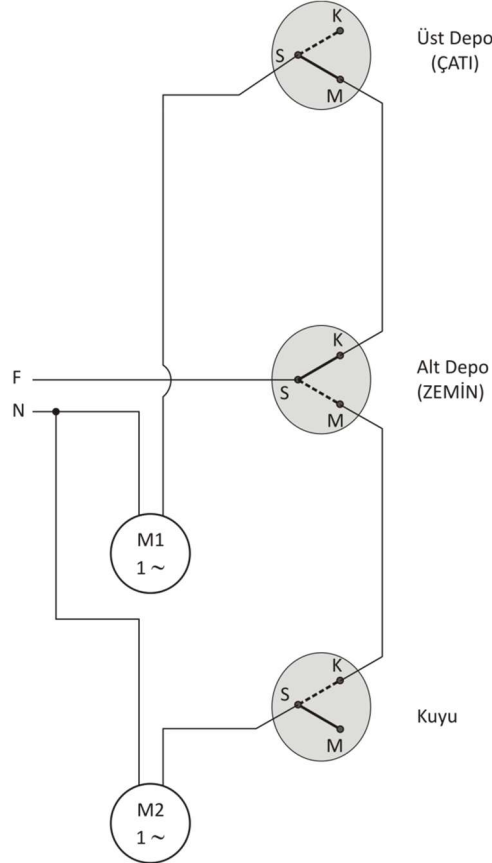
Su seviye şalterlerinin kablolarını; **Siyah:** Ortak uç, **Mavi:** Depo boş ucu ve **Kahverengi:** Depo dolu ucu olarak gösterecek olursak yukarıda çizilen devre kurulursa istenen çalışma düzeni sağlanmış olacaktır.

SORU 51: Bir evin bahçesinde suyu kullanılabilir bir su kuyusu, zeminde 2 tonluk bir su deposu ve çatıda 1 tonluk bir su deposu vardır. Zemindeki su deposu şebeke suyu ile dolmaktadır, ancak zaman zaman şebekede sorun yaşandığında kuyudan da doldurulabilmesi isteniyor.

- a) Çatıdaki su deposuna, zemindeki su deposuna ve kuyudaki dalgıç motora konulacak **birer adet** seviye şalterleri ile kesintisiz su temini için her iki motorun birlikte kumanda edilebilmesine ilişkin bağlantı şemasını çiziniz.
- b) Bu bağlantı ile iki motorun aynı anda çalışması mümkün müdür? Neden?

YANIT:

- a) Su seviye şalterlerinin kablolarını; **Siyah:** Ortak uç, **Mavi:** Depo boş ucu ve **Kahverengi:** Depo dolu ucu olarak gösterecek olursak istenen bağlantı şeması aşağıdaki gibi olur:



Motorların çalışması şöyle olur:

Çatıdaki 1 tonluk depo (üst depo) boşaldığında zemindeki 2 tonluk depoda (alt depo) yeter miktarda su varsa, seviye şalterlerinin kumandası ile M1 motoru çalışmaya başlar. Zemindeki 2 tonluk depo, içerisindeki seviye şalteri *depo boş* konumuna gelinceye kadar boşaldığında kuyuda yeter miktarda su varsa, seviye şalterlerinin kumandası ile M2 motoru çalışmaya başlar.

- b) Bu bağlantı ile iki motorun aynı anda çalışması mümkün değildir. Çünkü zemin kattaki 2 tonluk deponun içerisinde bulunan seviye şalteri vaeviyen anahtar gibi görev yaptığından motorlardan birisinin çalışmasına izin verirken diğerinin çalışmasını engellemektedir.

SORU 52: 4 katlı (Zemin, 1, 2 ve 3) bir apartmanın merdiven otomatiğine bağlı lambalar için aşağıdaki gibi bir düzenleme yapılması isteniyor:

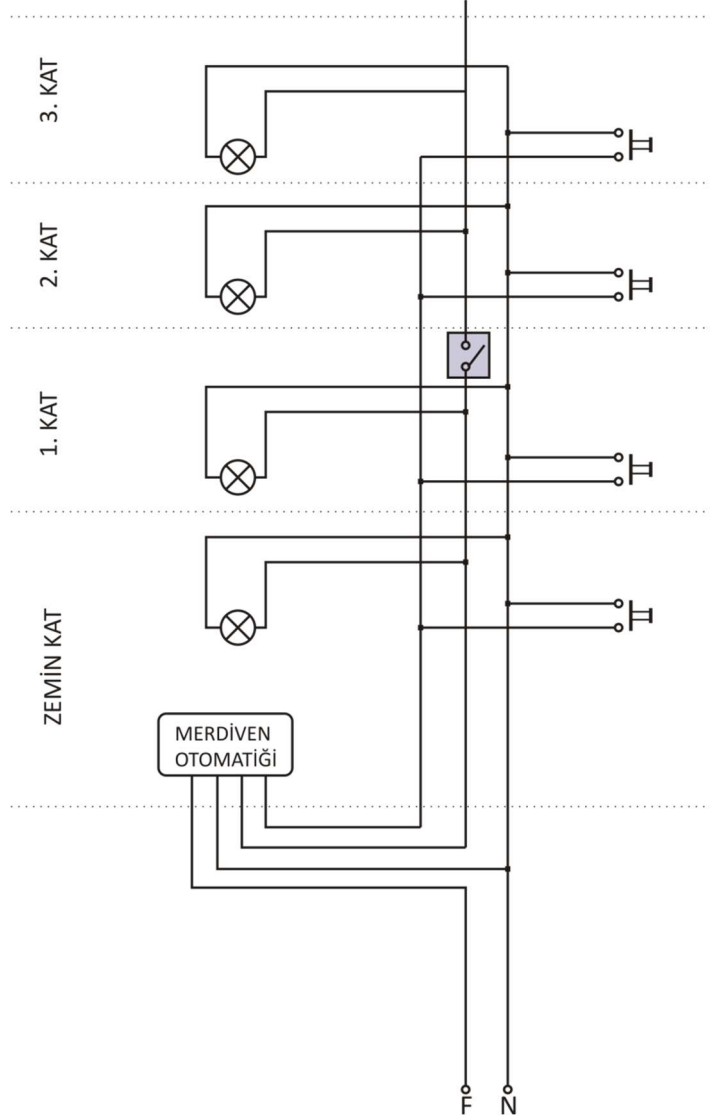
- Her kattaki merdiven otomatiği butonuna basıldığında merdiven otomatiği devreye girecek,
- 2. ve 3. kattaki merdiven lambaları, 1. kata konacak bir anahtar ile üst katlara çıkacak birisi tarafından **istenildiğinde** devreye alınacak ve yine istenildiğinde devreden çıkarılacaktır

Açık devre şemasını çiziniz.

YANIT:

İkinci kata konacak anahtar, merdiven otomatığının faz hattını kesecektir. Bu anahtar gerektiği zamanlarda (üst katlara çıkılacağında) kullanılacaktır. Hangi katta olursak olalım merdiven otomatığı butonuna bastığımızda otomatik çalışacak ve bağlantısı tamam olan lambalar yanacaktır.

Devre şeması aşağıdaki gibi olmalıdır.



SORU 53: Bir binada alt depodan üst depoya su pompalamakta olan tek faz bir su motoru, su seviye şalteri ile kumanda edilmektedir. Elektrik devresinin uygun bir yerine iki adet lamba koyarak, depolardaki suyun bitmesi halinde ilgili lambanın yanarak depoda su olmadığını gösterecek bir devre çiziniz.

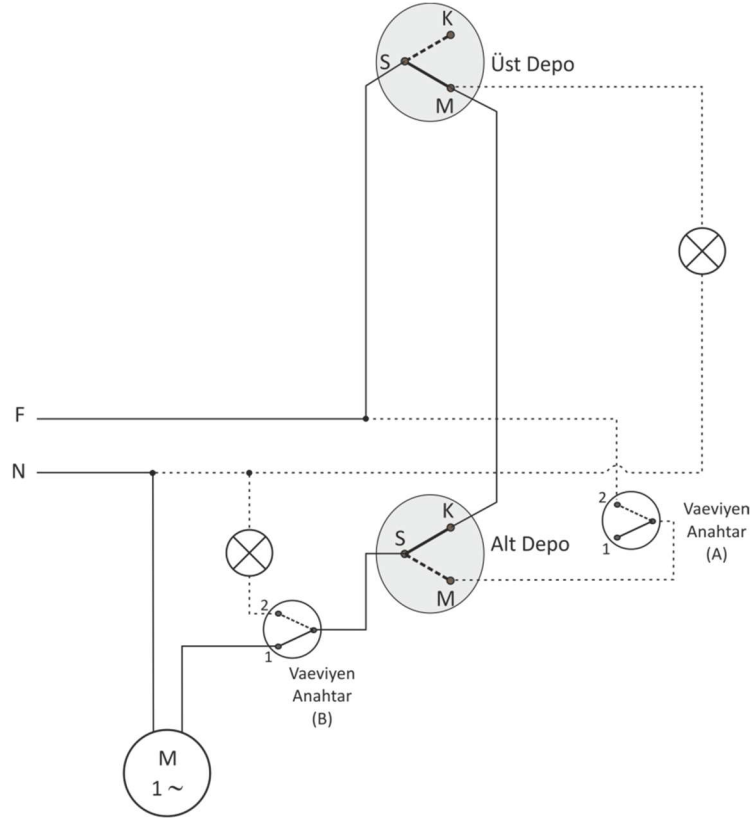
YANIT:

Su seviye şalterlerinin kablolarını; **Siyah:** Ortak uç, **Mavi:** Depo boş ucu ve **Kahverengi:** Depo dolu ucu olarak gösterecek olursak, aşağıda çizilen devrenin vaeviyen anahtar haricindeki düz çizgilerden oluşan kısmı su seviye şalterleriyle normal çalışma devresi olacaktır.

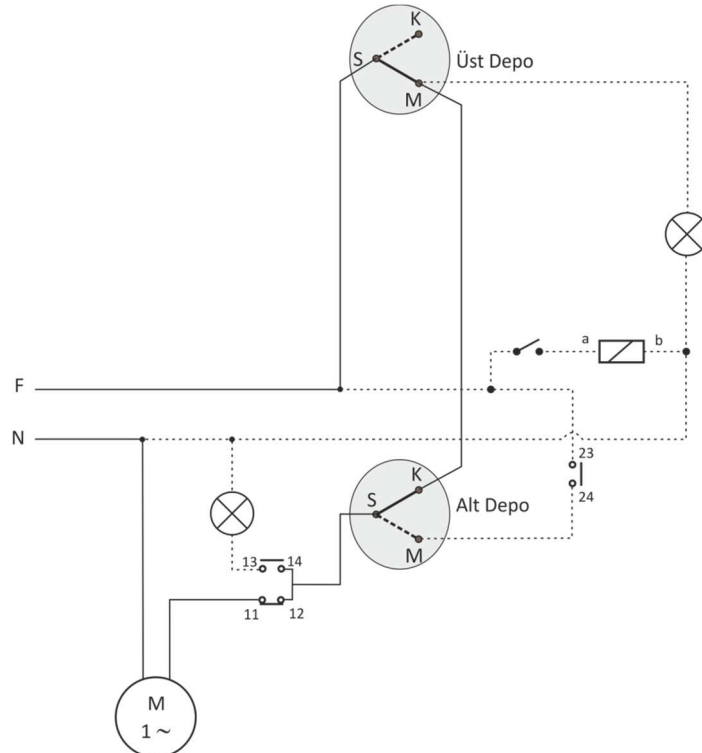
Depoların boş olduğunu lambaları kontrol ederek anlamak istiyorsak, kesik çizgilerle gösterilen kabloları, lambaları ve vaeviyen anahtarları ilave etmemiz gerekecektir.

Üst deponun boş olduğunu görmek için yalnızca kablolar ve lamba ilavesi yeterlidir, fakat alt deponun boş olduğunu gösterecek lamba devresinin ilave edilmesi için mutlaka vaeviyen anahtarlar veya kontaktör kullanılması gerekecektir.

Altta vaeviyen anahtarlı devre görülüyor. Anahtarlar (1) konumunda (normal çalışma) tutulacak ve alt deponun boşalıp boşalmadığı görülmek istendiğinde önce A ve sonra B vaeviyen anahtarları (2) konumuna geçirilecektir. Daha sonra aynı anahtarlar ters sıra ile yeniden (1) konumuna getirileceklerdir.



Aşağıda kontaktörlü devre görülüyor. Kontaktörün önündeki anahtar kapatıldığında normalde açık olan kontaklar kapanırken normalde kapalı olan kontaklar açılacaktır. Lambanın yanıp yanmadığı görüldükten sonra kontaktörün önündeki anahtar açılacak ve devre normal çalışma konumuna getirilecektir.



- SORU 54:** Bir narenciye bahçesi kuyusunun üzerine yapılan bahçe evine, güç katsayısı 0,85 ve görünen gücü 3 kVA olan tek fazlı bir su motoru ve 2 adet 100 W lambadan oluşan bir tesisat kurulmuştur.
- Motor ve lambalar birlikte 2 saat 45 dakika çalıştırılırlarsa şebekeden çekilecek enerji ne kadar olacaktır?
 - Bu sürede şebekeden kaç amper akım çekilecektir?

YANIT:

- $\cos\phi=0,85$ olduğuna göre su motorunun aktif gücü,
 $P = S \cdot \cos\phi = 3 \times 0,85 = 2,55 \text{ kW}$ olur.
 Buna 200 wattlık lamba gücü de eklenirse toplam aktif güç 2,75 kW olur.
 2 saat 45 dakikayı ondalık olarak 2,75 saat olarak ifade edebiliriz.
 Buna göre bu sürede çekilecek enerji;
 $A = P \cdot t = 2,75 \text{ kW} \times 2,75 \text{ saat} = 7,5625 \text{ kWh}$ olarak hesaplanır.
- Motorun çekeceği akımı,
 $S = U \cdot I \Rightarrow I = S/U = 3000/240 = 12,5 \text{ amper}$
 Lambaların çekeceği akımı,
 $P = U \cdot I \Rightarrow I = P/U = 200/240 = 0,833 \text{ amper}$ olarak hesaplarız.
 Bu değerlere göre şebekeden çekilecek toplam akım
 $I_T = 12,5 + 0,833 = 13,333 \text{ amper}$ olacaktır.

- SORU 55:** Üç fazlı, tümüyle direnç tipi yüklerden oluşan bir sistemde R fazından 14 kW, S fazından 16 kW ve T fazından 18 kW yük çekilmektedir. Sisteme her biri 2 kW olan 3 adet tek fazlı ısıtıcı eklenecektir. Bu 6 kW lık yükü sisteme nasıl bağlamalısınız? Bu durumda faz akımları ve nötür akımı kaç amper olur?

YANIT:

Üç fazlı sistemlerde mümkün olduğunca yükleri fazlara eşit olarak dağıtmak gerekir. Böylelikle fazların herhangi birinde dengesiz yüklenmeden dolayı aşırı yüklenme ve fazladan gerilim düşümü olması önlenmiş olur.

Sorumuzda R fazı 14 kW, S fazı 16 kW ve T fazı da 18 kW yük taşımaktadır. Her biri 2 kW gücünde olan 3 adet tek fazlı ısıtıcının 2 adedi R fazına ve 1 adedi de S fazına bağlanacak olursa her faza 18 kW yük bağlanmış olacaktır. Yani tam dengeli bir dağıtım sağlanmış olacaktır.

Bu durumda tüm fazların akımları eşit olacaktır. Tüm yükler omik olduklarından $I = P/U$ formülüne göre fazların akımlarını;

$$I_1 = I_2 = I_3 = 18000/240 = 75 \text{ A}$$
 olarak hesaplarız.

Tüm yükler devrede iken üç fazın akımları eşit olduğundan, bunların *vektörel toplamına eşit olan* nötür akımı SIFIR olacaktır.

- SORU 56:** Ana kesicisi 3 faz 200 A MCCB olan bir tiyatro binasına merkezi topraklama yapılacaktır.

- Topraklama direnci en çok kaç Ω olmalıdır?
- Topraklama iletkeninin kesiti en az kaç mm^2 olabilir?
- Tiyatro binası içerisinde seyircilerin ulaşabileceği noktalardaki toprak kaçaklarına karşı toprak otomatığı kullanarak koruma yapacak ancak tüm binayı devreden çıkarmayacak bir koruma sistemi sizce nasıl yapılabilir?
- MCCB yerine HRC sigorta (bıçaklı telli sigorta) kullanılacak olursa topraklama direnci en çok ne kadar olabilir?

YANIT:

- a) Ana kesici 200 A MCCB olduğu için (hassas koruma) merkezi topraklamanın topraklama direnci en çok,
- $$R_T = \frac{U}{1,5 \times I} = \frac{240}{1,5 \times 200} = \frac{240}{300} = 0,8 \Omega \text{ olmalıdır.}$$
- b) Topraklama iletkeninin kesiti, faz iletkeninin yarı kesiti civarında olur ve 70 mm² yi aşması gerekmez. 200A için faz iletkeninin 95 mm² kesitinde olması gerekir. Buna göre topraklama iletkeninin kesiti 50 mm² olmalıdır.
- c) Her toprak arızasında tüm binanın devreden çıkmasını istemiyorsak *seçici koruma* yapmalıyız. Bunun için seyircilerin ulaşabileceği noktalardaki devre elemanlarını, en uç noktada en düşük olmak üzere ana dağıtım tablosuna doğru giderek artan çalışma akımlarına sahip (30 mA, 100 mA, 300 mA) toprak otomatikleri ile koruyarak her toprak arızasının ana otomatığı çalıştırmasını engelleyebiliriz.
- d) MCCB yerine HRC sigorta (bıçaklı telli sigorta) kullanılacak olursa (kaba koruma) topraklama direnci en çok,

$$R_T = \frac{U}{3 \times I} = \frac{240}{3 \times 200} = \frac{240}{600} = 0,4 \Omega \text{ olmalıdır.}$$

SORU 57: Priz devresinde 10 Ω değerinde faz-toprak hata çevrim empedansı oluşan bir tesisin toprak otomatığı de arızalanmıştır. Dolayısıyla otomatik yenisiyle değiştirilinceye kadar sistem arızaya karşı yalnızca devrenin MCB'si tarafından korunacaktır. Bu koşullar altında bu devreyi koruyan 32 A MCB'nin açıp açmayacağını hesaplayarak anlatınız.

YANIT:

Toprak otomatığı arızalı olduğundan toprak kısıdevresi nedeniyle akacak olan arıza akımı yalnızca ilgili devrenin koruyucu sigortası tarafından kesilebilecektir.

Faz-toprak hata çevrim empedansı 10 Ω olduğuna göre toprağa 240/10=24 A büyüklüğünde bir akım akacaktır. Bu akım, priz devresini koruyan 32A MCB'yi açtıracak büyüklükte değildir.

MCB'nin aşırı akım nedeniyle devreyi kesmesi için en az 32x1,5=48 A akım (4 saat süreyle) akmalıdır. Eğer priz devresindeki prizlerden toplam 24 A akım çekilecek olursa, priz devresinden akacak toplam akım 48A değerine ulaşacağından MCB'nin atma olasılığı yükselecektir.

Aksi halde toprak otomatığı değiştirilinceye kadar arıza akımı toprağa akmaya, elektrik sayacı da boşu boşuna akan bu akımdan dolayı fazla yazmaya devam edecektir.

SORU 58: Elimizde biri voltage operated ve diğeri current operated olmak üzere 2 adet toprak otomatığı var. Bu otomatiklerin ikisini de, sayaç dolabı bahçe duvarında olan ve ana dağıtım tablosu sayaç dolabından zırlı bir kablo ile beslenen bir konut tesisatında kullanmak istiyoruz. Hangi otomatığı hangi noktada ve nasıl kullanmalıyız? Açıklayınız.

YANIT:

Akım çalışmalı otomatik (current operated) fazdan giden akımın nötürden dönmesi esasına göre çalışır. Gerilim çalışmalı otomatik (voltage operated) ise giden-gelen akımla ilgilenmez, toprağa kaçak olup olmadığına ve bu kaçak akımının açtırma sargıları üzerinden akıp akmadığına bakar.

Eğer gerilim çalışmalı otomatik binada, akım çalışmalı otomatik de sayaç dolabında kullanılacak olursa, bina içerisindeki her toprak arızasında her iki otomatığın de atması söz konusu olacaktır.

Ancak gerilim çalışmalı otomatik sayaç dolabında ve akım çalışmalı otomatik de binada kullanılacak olursa her iki otomatığın ayrı ayrı çalışması olanaklı olur. Şöyle ki; bina içerisindeki topraklamalar dağıtım tablosunun topraklama barasına ve oradan da doğrudan topraklama çubuğuna (kazığına) bağlanacaktır. Sayaç dolabı-dağıtım tablosu arasındaki kabloların zırlı dağıtım tablosu yanında boşta bırakılıp yalıtılacak (topraklama barasına bağlanmayacak) ve aynı kabloların sayaç dolabındaki ucunda zırlı topraklanarak gerilim otomatığının frame ucundan geçirilerek ayrıca topraklanacaktır.

Böyle kullanıldığı zaman; akım otomatığı bina içerisindeki tesisatı, gerilim otomatığı de zırlı yeraltı kablosunu toprak arızasına karşı koruyacaktır.

SORU 59: Ana kesicisi 400 A olan bir tesiste merkezi topraklama yapılması isteniyor. Topraklama direncinin değeri hesaplayınız. Bu tesisin ana topraklama iletkeninin kesiti ne olmalıdır?

YANIT:

Ohm kanununa göre **Direnç = Gerilim/Akım** yani $R = U/I$ dir.

Merkezi topraklama yapılırken faz- toprak kısa devresi sırasında arıza akımının en baştaki kesiciyi bile attırabilecek düzeyde olmasını sağlayan bir topraklama direncinin sağlanması esastır. Bu nedenle denklemin paydasındaki akım değeri, ana kesicinin tipine göre hassas korumalı tip için 1,5 ve kaba korumalı tip için 3 çarpanı eklenmektedir.

Ana kesicinin sigortalı veya MCCB'li olduğu belirtilmemiştir. Bu durumda her iki seçenek için de hesaplama yapmamız gerekir.

Sigortalı ana kesici (kaba koruma) kullanılacaksa topraklama direnci;

$$R_T = \frac{U}{3 \times I} = \frac{240}{3 \times 400} = \frac{240}{1200} = 0,2 \Omega \quad \text{olmalıdır.}$$

MCCB'li ana kesici (hassas koruma) kullanılacaksa topraklama direnci;

$$R_T = \frac{U}{1,5 \times I} = \frac{240}{1,5 \times 400} = \frac{240}{600} = 0,4 \Omega \quad \text{olmalıdır.}$$

SORU 60: Aşağıdakileri hesaplayınız:

- Bir trafoya primer tarafından 11 kV verildiğinde sekonder tarafından 400V alınıyor. Bu trafoya sekonder tarafından 240 V verirsek primerden kaç volt alırız?
- Bir cihazın aktif gücü 3 kW, görünen gücü 5 kVA'dır. Bu cihazın güç katsayısı ve reaktif gücü ne kadardır?

YANIT:

- Trafoya primer tarafından 11 kV verildiğinde sekonder tarafından 400 V alındığına göre trafonun dönüştürme oranı;

$$k = U_1/U_2 = 11000/400 = 27,5 \text{ dir.}$$

Burada söz konusu gerilim değerleri faz arası gerilimlerdir.

$U_1 = k.U_2$ olduğuna göre, sekonder tarafından $U_2 = 240$ V verilirse;

Primer tarafından $U_1 = k.U_2 = 27,5 \times 240 = 6600\text{V} = 6,6 \text{ kV}$ alınacaktır.

- Aktif güç $P = 3 \text{ kW}$,
Görünen güç $S = 5 \text{ kVA}$ olarak veriliyor.

Aktif güç = Görünen güç x Güç katsayısı yani $P = S \cdot \cos\phi$ olduğuna göre

Cihazın güç katsayısı $\cos\phi = P/S = 3/5 = 0,6$ olarak hesaplanır.

(Görünen Güç)² = (Aktif Güç)² + (Reaktif Güç)² yani $S^2 = P^2 + Q^2$ formülünden

$Q^2 = S^2 - P^2$ yazılabilir. Bu duruma göre;

$$Q^2 = 5^2 - 3^2 = 25 - 9 = 16 \text{ ve}$$

$$Q = \sqrt{16} = 4 \text{ kVAr olarak bulunur.}$$

SORU 61: Dağda kayalar üzerinde kurulmuş bir keklik üretme çiftliği içerisinde bulunan cihazlar sayaç-dağıtım tablosu arasına çekilmiş 2,5 mm² kolon hattı ile beslenmektedir.

- Bu kolon hattının toprak devamlılık iletkeninin kesiti en az kaç mm² olmalıdır?
- Bu çiftliğin topraklama direnci en çok kaç Ω olmalıdır?
- Sizce bu çiftliğin topraklaması nasıl yapılmalıdır, neden?

YANIT:

- a) Dağıtım tablosunun otomatikli olduğundan söz edilmediğine göre toprak otomatığı sayaç dolabındadır. Kayalık bölgelerde uygun topraklama direncini bulmak çok zor olduğundan özellikle küçük tesisler için merkezi topraklama yapılması anlamsız ve çok fazla masraflı bir işlemdir. Bu nedenle toprak otomatığı kullanarak koruma yapmak en akılcı çözümdür. Toprak otomatığı sonrasındaki kolon hattını kesiti $2,5 \text{ mm}^2$ olduğuna göre toprak devamlılık iletkeninin (ECC) 1 mm^2 olması yeterlidir. Ancak topraklama kazığına bağlanacak olan topraklama iletkeninin kesiti en az 6 mm^2 olmalıdır.
- b) İnsan için tehlikeli gerilim sınırı 50V olarak kabul edilir. Toprak otomatığının açtırma akımının 300 mA olduğunu kabul edersek topraklama direnci en çok $R_T = U/I \Rightarrow R_T = 50/0,3 = 166,66 \Omega$ olmalıdır.
- c) Dağlık-kayalık bölgelerde bu değeri bulmak bile bazan çok zor olur. Eğer istenen toprak değeri bulunamıyorsa, topraklama direncini düşürücü maddeler kullanılabilir. Kesin fakat çok masraflı çözüm ise artezyen kuyusu kazarak topraklamanın kuyu içerisinde yapılmasıdır.

SORU 62: Bir işyerindeki aydınlatma armatürlerinin ortalama güç katsayısı 0,9 ve aydınlatma gücü 20 kVA, ısıtma gücü (direnç yükü) 25 kW ve güç katsayısı 0,75 olan klima sisteminin gücü de 45 kW olarak verilmektedir. Tüm yükler devrede iken;

- a) İşyerinin toplam aktif gücünü,
 b) Şebekeden çekilen toplam akımı ve
 c) İşyerinin ortalama güç katsayısını hesaplayınız.

YANIT:

- a) Aydınlatma görünür gücü $S_a = 20 \text{ kVA}$ ve aydınlatma armatürleri için ortalama $\cos\phi = 0,9$ olduğuna göre;
 Aydınlatma aktif gücü $P_a = S_a \cdot \cos\phi = 20 \times 0,9 = 18 \text{ kW}$ olur.
 Isıtma gücü (aktif güç) 25 kW ve klima gücü (aktif güç) 45 kW olduğuna göre işyerinin toplam aktif gücü $P_T = 18 + 25 + 45 = 88 \text{ kW}$ 'dır.
- b) $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi \Rightarrow I = P/(\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi)$ formülünü kullanarak akımları hesaplayalım:
 Aydınlatma akımı $I_a = P_a/(\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi_a) = 18000/(\sqrt{3} \times 415 \times 0,9) = 22,5 \text{ A}$
 Isıtma akımı $I_i = P_i/(\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi_i) = 25000/(\sqrt{3} \times 415 \times 1) = 34,8 \text{ A}$
 Klima sistemi akımı $I_k = P_k/(\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi_k) = 45000/(\sqrt{3} \times 415 \times 0,75) = 83,5 \text{ A}$
 Toplam akım ise $I_T = I_a + I_i + I_k = 22,5 + 34,8 + 83,5 = 140,8 \text{ A}$ olarak hesaplanır.
- c) İşyerinin ortalama güç katsayısını hesaplamak için toplam görünür ve aktif güçleri bilmemiz gerekir.
 Aydınlatma görünür gücü $S_a = 20 \text{ kVA}$,
 Isıtma görünür gücü $S_i = 25 \text{ kVA}$ (dirençten oluştuğu için aktif ve görünür güç eşittir),
 Klima sistemi görünür gücü $S_k = P_k/\cos\phi_k = 45/0,75 = 60 \text{ kVA}$ dır.
 Toplam görünür güç $S_T = S_a + S_i + S_k = 20 + 25 + 60 = 105 \text{ kVA}$ ve
 Toplam aktif güç $P_T = P_a + P_i + P_k = 18 + 25 + 45 = 88 \text{ kW}$ olduğuna göre
 Ortalama güç katsayısı $\cos\phi_{ort} = P_T/S_T = 88/105 \cong 0,84$ olur.

SORU 63: Mevcut bir binada, tesisatı olmayan 7 kW – 230 V anında su ısıtıcısı kurallara uygun olarak monte edilecektir.

- a) Bu ısıtıcı ne kadar akım çeker?
 b) Bu ısıtıcı 75 dakika çalıştırılırsa kaç kWh enerji harcanır?

- c) Dağıtım tablosundan su ısıtıcısına kadar devre şemasını çiziniz.

YANIT:

- a) Isıtıcı 230 volt gerilimde çalışırken 7 kW güç çekmektedir.

$P = U \cdot I = U \cdot U / R = U^2 / R$ formülüne dayanarak farklı gerilimlerde çalışma için;

$$P_{230} = \frac{230^2}{R} \quad \text{ve} \quad P_{240} = \frac{240^2}{R} \quad \text{yazılabilir.}$$

$$\frac{P_{240}}{P_{230}} = \frac{240^2 / R}{230^2 / R} = \frac{240^2}{230^2} \cong 1.09 \quad \rightarrow \quad P_{240} = 1,09 \times P_{230} \text{ olur.}$$

Yani bu cihaz 240 voltluk şebekede çalıştırıldığında $1,09 \times 7000 = 7630$ watt güç çeker.

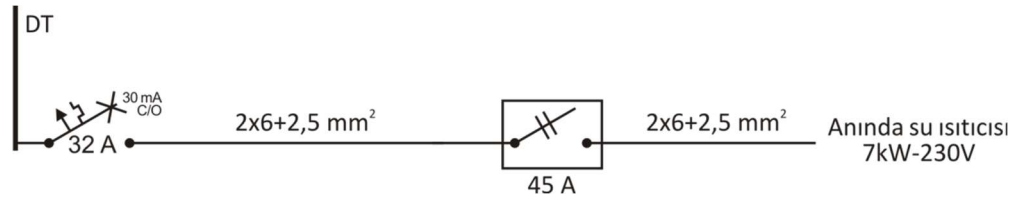
Bu gücün akıttığı akım ise;

$$I = P / U = 7630 / 240 = 31,79 \text{ amper olacaktır.}$$

- b) 75 dakika, 1 saat 15 dakika demektir. Bir başka soruda 15 dakikanın ondalık olarak 0,25 saat olduğunu hesaplamıştık. Yani 75 dakika 1,25 saat demektir. Buna göre ısıtıcının bu sürede çekeceği enerji:

$$A = P \cdot t = 7,63 \text{ kW} \times 1,25 \text{ saat} \cong 9,54 \text{ kWh olacaktır.}$$

- c) Devre şeması aşağıdaki gibi olmalıdır:

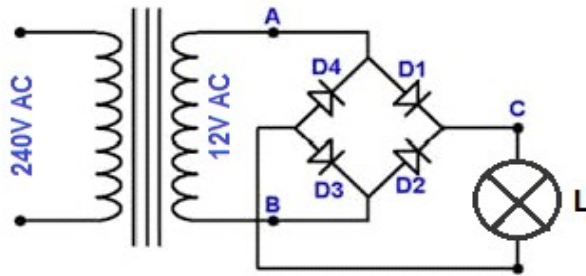


SORU 64: 60 W – 12 V' luk bir araba projektörü 240 V'luk şebekeye bağlanacaktır.

- a) Bu projektörü şebekeye ne şekilde bağlarsınız? Şekil çizerek gösteriniz.
b) Kablo kesitlerini belirtiniz.
c) Projektör uçlarındaki kısa devre arızalarına karşı nasıl bir önlem alırsınız?

YANIT:

- a) Bu araba projektörünü bir trafo aracılığı ile beslememiz gerekir. Trafo 240 V alternatif akımı 12 Volt a.c gerilime, doğrultucu devre de bu gerilimi 12 V d.c gerilime çevirecektir.



- b) 60 W lamba 240 V a.c tarafından $60/240=0,25$ A çekecektir.
Bu lamba 12 V d.c tarafından $60/12=5$ A çekecektir.
Buna göre tüm devreleri 1 mm² kablo ile yapabiliriz.
c) Projektör uçlarında oluşabilecek kısa devre arızalarına karşı sekondere (A noktasına) 6 A mcb koyarak koruma sağlayabiliriz.

SORU 65: 12 V / 300 W değerlerindeki bir havuz lambası devresini sigortadan itibaren lambaya kadar (kablo kesitlerini ve sigorta değerini hesaplayarak) şekil çizerek tüm elemanlarıyla gösteriniz.

YANIT:

12 V / 300 W havuz lambasının trafo öncesinde ve trafo sonrasında çekeceği akım değerlerini (kayıpları ihmal ederek) hesaplayalım:

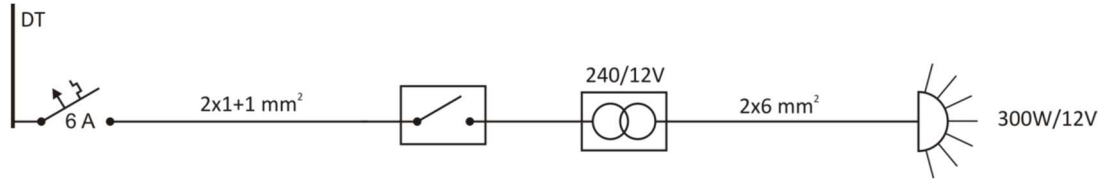
Trafo öncesinde; $I = P/U = 300/240 = 1,25 \text{ A}$

Trafo sonrasında; $I = P/U = 300/12 = 25 \text{ A}$ çekecektir.

Buna göre iletken kesitleri, trafo öncesinde 1 mm^2 ve trafo sonrasında 6 mm^2 olmalıdır.

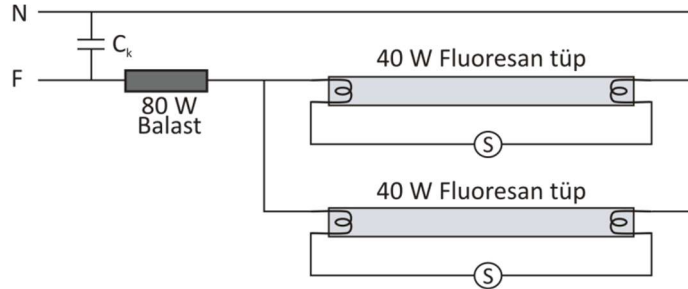
Dağıtım tablosunda bu devre için konacak sigortanın (MCB'nin) değeri 6 A olmalıdır.

Devre şeması aşağıdaki gibi olacaktır:



SORU 66: Aşağıdaki 80 W mekanik balastlı devrede:

- Fluoresan lambaların her ikisi de çalışır mı?
- Fluoresan lambalardan birisini iptal edersek diğeri çalışır mı?
- Yukarıdaki herhangi bir şık için yanıtınız “çalışmaz” ise devre elemanlarına ne olabileceğini açıklayınız.



YANIT:

- Fluoresan lambaların ikisi birden aynı anda çalışamaz.
- Fluoresan lambalardan herhangi birisini iptal edersek diğeri tek başına çalıştırılabilir.
- (a) şıkkı için “balastın gücü iki lambaya birden yetecek büyüklükte olmasına karşın devreye enerji verildiğinde lambalardan birisi çalıştıktan sonra balastın akım devresi tamamlandığından balast görevini tamamlamış olur ve ondan sonra diğeri lamba çalışamaz” şeklinde açıklama yapılabilir.

SORU 67: 3 fazla beslenmesi tasarlanan bir konutun elektrik tesisatı 300 mA'lık bir toprak otomatığı kullanılarak 3 fazlı olarak tamamlanmıştır. Elektrik tesisatı tamamlandıktan sonra mal sahibi merkezi soğutma sistemini kurmaktan vazgeçmiş ve konutun tek fazla beslenmesi gündeme gelmiştir. En son durumdaki kurulu güce göre toprak otomatığının açma kapasitesi tek fazla besleme için yeterlidir. Bu tesisatın tek fazla beslenmesi için aşağıdakilerden hangisi uygundur?

- Otomatığın tüm faz çıkışları ile dağıtım panosunun R-S-T baraları kısa devre edilerek birbirlerine bağlanır. Otomatığın tüm faz girişleri kısa devre edilerek tek faz uygulanır.
- Dağıtım panosunun R-S-T baraları kısa devre edilerek otomatığın herhangi bir faz çıkışına bağlanır. Bu bağlantıya uygun olarak otomatığın baraya bağlanan fazının giriş ucu ile nötrü arasına tek faz uygulanır.

YANIT:

3 fazlı otomatiği tek fazlı tesisatta kullanmak istiyorsak, otomatiğin akım taşıma kapasitesinin tek fazlı tesisatın ana kesici/ayırıcısının akım değerinden az olmaması gerekir. Her türlü bağlantı durumunda otomatiğin nötr terminaline yalnızca nötr bağlanacaktır.

(b) seçeneğindeki bağlantıda besleme ve toprak kaçağına karşı koruma açısından herhangi bir sıkıntı olmazken normal koşullarda arada sırada da olsa TEST butonuna basıldığında otomatiğin devreyi açması biraz şansa kalacaktır. Bunun nedeni, test butonunun hangi fazın üzerine bağlanmış olduğu ile ilgilidir. Eğer test butonu otomatiğin içerisinde R fazına bağlı ise ve biz enerjiyi diğer faz terminallerinden birisi üzerinden vermiş isek, butona basıldığında otomatik OFF olmayacak ve dolayısıyla arızalandığı kanısına varmamız gerekecektir. Tabii bu durumda hatalı bir karar vermiş olacağız.

Yukarıdaki açıklamalar ışığında (a) seçeneğinin kullanılması uygundur.

SORU 68: 3x60 A – 300 mA akım değerlerine sahip bir toprak otomatiğini, 100 amperlik tek faz tesisatın toprak kaçağı koruyucu elemanı olarak kullanabilir miyiz? Kullanabilirseniz nasıl kullanırsınız, kullanamaz iseniz neden kullanamazsınız?

YANIT:

İlk bakışta 3 fazlı otomatiğin R-S terminallerine ve T-N terminallerine link atarak kısa devre etmek suretiyle Faz ve Nötürü bu link noktalarına bağlayarak tek fazlı olarak kullanım düşünülebilir. Bu şekilde düzenlenen toprak otomatiği 300 mA ve üzerindeki toprak arızalarında görevini başarıyla yapacaktır. Her bir terminalin akım kapasitesi 60 A olduğundan bu düzenleme sayesinde tek fazda toplamda 120 amper kadar akım çekilebileceğini de düşünebiliriz.

Fakat böyle bir kullanım, nötrü de içeren kesici ve ayırıcıların taşıması gereken özellikler bakımından uygun değildir. Bu tür ayırıcılarda devre açılırken önce fazın sonra da nötrün açılması gerekir. Devre kapatılırken de ters olarak önce nötrün sonra da fazın kapanması gerekir. Ayırıcının kontakları (bıçakları) bunu sağlayabilecek şekilde tasarlanmış olmalıdır.

Örneğimizdeki 3 fazlı otomatiğin uçlarını ikişer ikişer link ettiğimizde, nötrü bağlayacağımız terminallerden birisi (T kontağı) faz kontakları ile birlikte açılıp kapanırken diğeri (N kontağı) yapacağı işleme göre faz kontaklarından önce veya sonra açılacak veya kapanacaktır. Bu durum istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle 3x60 A – 300 mA akım değerlerine sahip bu toprak otomatiğini, 100 amperlik tek faz tesisatın toprak kaçağı koruyucu elemanı olarak kullanmamalıyız. Bu otomatiği, herhangi bir fazını ve nötrünü kullanarak en fazla 60 amperlik bir tesisatın 300 mA'lık toprak otomatiği olarak kullanabiliriz.

SORU 69: Ana dağıtım panosundan (ADT) 400 metre uzakta olan ve üzerinde 6 adet 240 V/1000 W halojen projektör bulunan aydınlatma direğinin üzerine kuracağınız 3 fazlı bir dağıtım panosu (Tali pano) ile direktteki lambaları çalıştıracaksınız.

- ADT-Tali pano arasına çekilecek olan kablonun kesiti en az ne kadar olmalıdır?
- ADT içerisine bu amaç için monte edilecek kesici kaç amperlik olmalıdır?
- ADT'den itibaren lambalara kadar akım dağıtım şemasını çiziniz.

NOT: Bazı kablolar için gerilim düşümü katsayıları aşağıda verilmiştir:

$$3 \times 35 + 16 \text{ mm}^2 \text{ PVC/SWA/PVC} \Rightarrow 1 \text{ mV}/(\text{A.m})$$

$$3 \times 50 + 25 \text{ mm}^2 \text{ PVC/SWA/PVC} \Rightarrow 0,81 \text{ mV}/(\text{A.m})$$

$$3 \times 70 + 35 \text{ mm}^2 \text{ PVC/SWA/PVC} \Rightarrow 0,57 \text{ mV}/(\text{A.m})$$

YANIT:

- Kablo kesiti projektörün çekeceği akımı taşıyabilecek ve projektöre ulaşıncaya kadar %2,5 den fazla gerilim düşümü yaratmayacak büyüklükte olmalıdır.

1000W projektör $1000/240 = 4,166 \text{ A}$ akım çekecektir. Üzerinde 6 adet projektör olan aydınlatma direği ise toplam olarak $6 \times 4,166 = 25 \text{ A}$ akım çekecektir.

Kullanılması öngörülen kablolar 3 fazlı yeraltı kablolarıdır. Bu durumda taşınacak akım faz başına $25/3 = 8,33 \text{ A}$ olacaktır.

Hesapladığımız akım değerine bakacak olursak normal koşullarda $4 \times 1,5 \text{ mm}^2$ kablo yeterli olur ancak kablunun bu akımı taşıyacağı mesafe çok uzun olduğundan gerilim düşümü sorunu olacaktır.

En ekonomik kablo kesitini seçmek için çeşitli kablo kesitlerine göre gerilim düşümü sınaması yapalım.

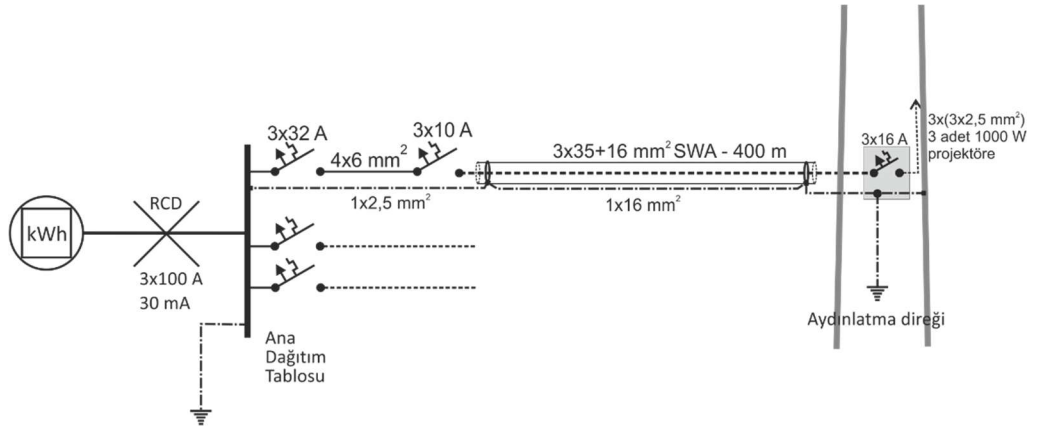
Gerilim düşümü hesaplaması 3 faza göre yapılacaktır. Taşınacak faz başına akımı $8,33 \text{ A}$ olarak hesaplamıştık. Gerilim düşümü $\%2,5$ 'i yani $415 \times 2,5 / 100 = 10,375 \text{ V} = 10375 \text{ mV}$ değerini aşmamalıdır.

Gerilim Düşümü (mV) = Mesafe (m) x Akım (A) x Gerilim düşümü katsayısı (mV/(A.m))

Önce $3 \times 35 + 16 \text{ mm}^2$ PVC/SWA/PVC kablosu için hesaplayalım:

$G.D_{35} = 400 \times 8,33 \times 1 = 3332 \text{ mV}$ olur. Bu değer koşulları sağlamaktadır. Bu kablo yeterlidir.

- b) Kablo kesiti $3 \times 35 + 16 \text{ mm}^2$ olduğuna göre $10 \text{ A} - 100 \text{ A}$ arasında (her iki değer de dahil) herhangi bir akım değerine sahip kesici kullanılabilir.
- c) Şema aşağıdaki gibi olabilir.



SORU 70: Bir işyerindeki motor devrelerinin toplam gücü 20 kVA ve bu devrelerin ortalama güç katsayısı $0,75$ olarak ölçülmüştür. Bu iş yerinin diğer devrelerinin tümü direnç yüklerinden oluşmaktadır ve bu devrelerin toplam yükü de 22 kW olarak verilmektedir. Tesisat 3 faz olarak döşenmiş ve yükler dengeli olarak dağıtılmıştır. Tüm yükler devrede iken;

- a) İşyerinin toplam aktif gücünü
- b) Her fazdan çekilen akımı
- c) İşyerinin ortalama güç katsayısını hesaplayınız.

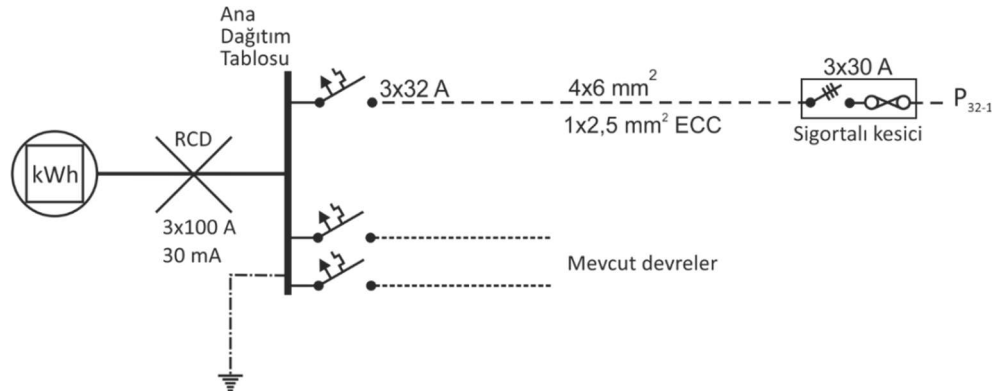
YANIT:

- a) Motor devrelerinin aktif gücü $P_{\text{mot}} = S_{\text{mot}} \cdot \cos \phi = 20 \times 0,75 = 15 \text{ kW}$ dir. Diğer devrelerin aktif gücü 22 kW olduğuna göre işyerinin toplam aktif gücü $P_t = 15 + 22 = 37 \text{ kW}$ olarak hesaplanır.
- b) 3 fazlı devrelerde gerilim-akım-güç formülünü yazalım:
 $S = 3 \cdot U \cdot I$ (U =Faz-Nötür gerilimi, I =Faz akımı)
 Motor devreleri her fazda $I = S / (3 \cdot U) = 20000 / (3 \times 240) = 27,77 \text{ A}$ akım çekecektir.
 Diğer devrelerde $\cos \phi = 0$ olduğundan $S = P$ dir. O devrelerin her fazdaki akımı da $I = P / (3 \cdot U) = 22000 / (3 \times 240) = 30,55 \text{ A}$ olacaktır.
 Öyleyse her fazdan $27,77 + 30,55 = 58,32 \text{ A}$ akım akacaktır.
- c) İşyerinin görünür gücü $S_t = 20 + 22 = 42 \text{ kVA}$ ve aktif gücü de $P_t = 15 + 22 = 37 \text{ kVA}$ dir. İşyerinin ortalama güç katsayısı $\cos \phi = P_t / S_t$ formülü ile hesaplanır.
 $\cos \phi = 37 / 42 = 0,88$ dir.

- SORU 71:**
- Tamamlanmış olan 3 fazlı bir elektrik tesisatı enerjilenmeden önce hangi elektriksel testler yapılmalıdır?
 - Enerjilendikten sonra Nötür-Toprak arasında 20 V AC okursanız bu size neyi ifade eder?
 - Tamamlanan tesisata 3 adet 5x32 A sanayi tipi priz eklenecektir. Bunları nasıl tesis edersiniz? Şekil çizerek anlatınız.

YANIT:

- Tamamlanmış olan 3 fazlı tesisata enerji verilmeden önce aşağıdaki testler yapılmalıdır:
 - Topraklama iletkenlerinin devamlılık testi
 - Yalıtım direnci testi
 - Toprak elektrodunun (topraklamanın) direnç ölçümü
 - Faz sırası testi
 - Kutup testi
 - Varsa ring devrelerin devamlılık testi
- Enerjilendikten sonra Nötür-Toprak arasında sıfırdan farklı bir değerde gerilim okunmasının aşağıda belirtilen birden çok nedeni olabilir. Gerçek neden ancak gereken ölçümlerin yapılması ile bulunabilir.
 - Fazlar arasında çok farklı dengesiz yüklenme
 - Harmonik akımlar
 - Endüktif yüklerin yoğunluğu ve fazlara dağılımı
 - Toprak kaçak akımları
 - Topraklama sisteminde arıza/kopukluk
 - Beslenen yüklerde yalıtım arızası
- Tamamlanan tesisata 3 adet 5x32 A sanayi tipi priz, her bir priz dağıtım tablosundan ayrı bir 3x32 A mcb ile beslenecek ve her prizın başına 3x32 A mcb veya 3x30 A sigortalı kesici



ile kontrol edilecek şekilde eklenmelidir. Ana dağıtım tablosuna, aşağıdaki şemada P₃₂₋₁ olarak gösterilen devreden 4 adet daha (P₃₂₋₂, P₃₂₋₃, P₃₂₋₄, P₃₂₋₅) eklenecektir.

- SORU 72:**
- 240 V, 3 kW, 50 Hz etiket değerlerine sahip bir su ısıtıcısına;
 - 250 V uygulanırsa su ısıtıcısının çekeceği akım ve gücü hesaplayınız.
 - 230 V uygulanırsa su ısıtıcısının çekeceği akım ve gücü hesaplayınız.

YANIT:

Öncelikle su ısıtıcısının direncini hesaplamamız gerekir.

$P=U \cdot I = U^2/R$ olduğuna göre $R= U^2/P$ yazarak direnci hesaplayabiliriz.

$U=240$ V ve $P=3000$ W olduğuna göre ısıtıcının direnci $R=240^2/3000=57600/3000=19,2 \Omega$ dur.

- $U=250$ V olursa su ısıtıcısının gücü $P= U^2/R=62500/19,2=3255$ W olacaktır. Bu su ısıtıcısı 250 V gerilim altında çalıştırılırsa $I=U/R=250/19,2 \approx 13$ A akım çekecektir.
- $U=230$ V olursa su ısıtıcısının gücü $P= U^2/R=52900/19,2=2755$ W olacaktır. Bu su ısıtıcısı 250 V gerilim altında çalıştırılırsa $I=U/R=230/19,2 \approx 12$ A akım çekecektir.

SORU 73: Bir evde 2,2 kW gücündeki semaver 3 saat, 850 W gücündeki üt 4 saat ve 2000 W gücündeki kalorifer tipi soba 5 saat çalıştırılırken koridordaki 2 adet 100 W lamba da gece boyunca (8 saat) devrede bırakılıyor.

- Bu devrelerin harcadıkları toplam enerji ne kadardır?
- Bu enerjinin ilk yarısı için 0,2 TL/kWh ve geri kalan yarısı için de 0,25 TL/kWh fiyat uygulanacak olursa kaç paralık enerji kullanılmış olur?

YANIT:

- Semaverin 3 saatta harcadığı enerji $2,2 \times 3 = 6,6$ kWh
Ütünün 4 saatta harcadığı enerji $0,85 \times 4 = 3,4$ kWh
Kaloriferin 5 saatta harcadığı enerji $2 \times 5 = 10$ kWh
2 adet lambanın 8 saatta harcadığı enerji $0,2 \times 8 = 1,6$ kWh
Harcanan enerji toplamı ise 21,6 kWh olarak bulunur.
- 10,8kWh enerji 0,2 TL/kWh fiyatla $10,8 \times 0,2 = 2,16$ TL
10,8kWh enerji 0,25 TL/kWh fiyatla $10,8 \times 0,25 = 2,70$ TL
Toplam enerji bedeli de 4,86 TL edecektir.

SORU 74:

- Kurulu güç nedir? Açıklayınız.
- Talep gücü nedir? Açıklayınız.
- Kurulu gücü 20 kVA, talep gücü 10 kVA olan ve 2x63A O/L ile korunan bir sistemden belli bir süre 17 kVA güç çekilirse ne olur?

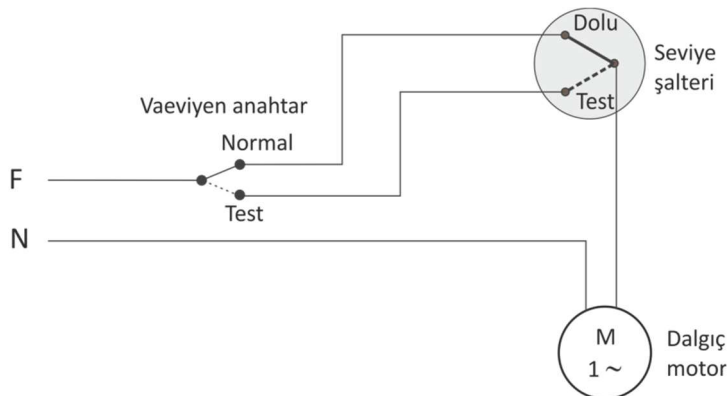
YANIT:

- Bir tesiste bulunan elektrik enerjisi tüketicilerinin (devrelerinin) anma (etiket) güçlerinin toplamına Kurulu güç denir.
- Aynı anda çalışması muhtemel olan tüketicilerin (devrelerin) sistemden çekeceği güce Talep gücü denir. Sistemi koruyacak kesici talep gücüne göre belirlenir.
- 17 kVA güç $I = S/U$ denkleminde $17000/240 = 70,83$ A akım çekilmesine neden olur. Sistem; aşırı akım koruyucu elemanı 63 A olduğundan bu sürede aşırı akım altında çalışacaktır. 2x63 A O/L elemanının ısınarak devreyi açması olasıdır.

SORU 75: Bodrumlu bir binada rampaya düşen yağmur suyu bodruma kazılmış 3 metre derinliğindeki bir kuyuda toplanmaktadır. Aşırı yağış halinde kuyunun dolup taşmasına önlem olmak üzere kuyu içerisine seviye şalterli tek fazlı bir adet dalgıç motor yerleştirilmiştir. Kuyunun seviye şalteri ON konumuna gelecek kadar dolu olmadığı zamanlarda **motor-seviye şalteri devresine bir anahtar ekleyerek** dalgıç motoru TEST etmek istiyoruz. Gerekli devreyi çiziniz.

YANIT:

Bu anahtarın amacı seviye şalterini kısıtlayarak devreyi açmak olmalıdır. İstenen devre aşağıda çizilmiştir:



SORU 76: Depo 1 (2 ton), Depo 2 (1,5 ton) ve Depo 3 (1 ton) arasında su motorları ve seviye şalterleri ile devreler kurulmuştur. M2 motoru her iki depodaki seviye şalterleri yardımı ile **Depo 2'den Depo 3'e** su basmaktadır. Aynı şekilde M1 motoru da her iki depodaki seviye şalterleri yardımı ile **Depo 1'den Depo 2'ye** su basmaktadır. M1 motoru 5 dakikada 1 ton, M2 motoru 10 dakikada bir ton su basmaktadır.

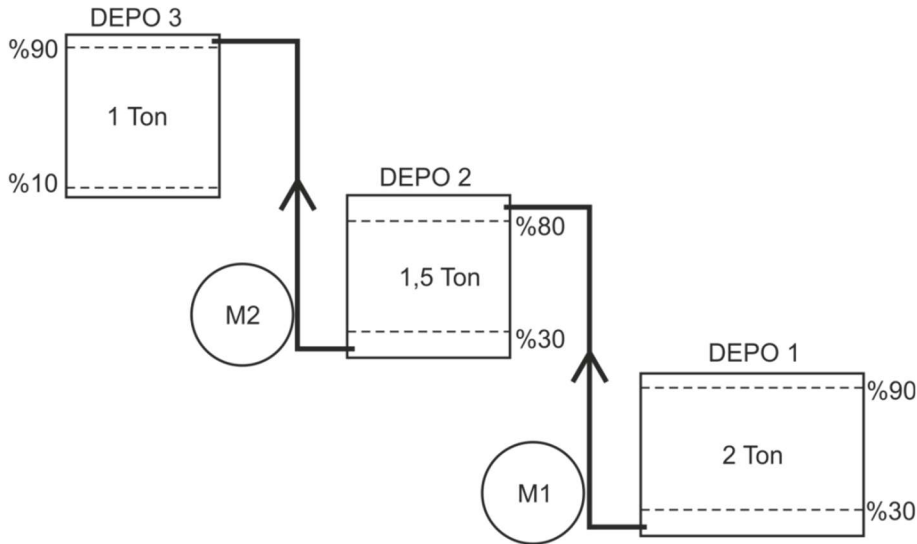
M1 motoru için kurulan devrede:

- Depo 1'deki seviye şalteri deponun doluluk oranı %90 olduğunda DOLU, %30 olduğunda BOŞ,
- Depo 2'deki seviye şalteri deponun doluluk oranı %80 olduğunda DOLU, %30 olduğunda BOŞ,

M2 motoru için kurulan devrede:

- Depo 2'deki seviye şalteri deponun doluluk oranı %80 olduğunda DOLU, %30 olduğunda BOŞ,
- Depo 3'deki seviye şalteri deponun doluluk oranı %90 olduğunda DOLU, %10 olduğunda BOŞ komutu vermektedir.

Depo 3'te %10 oranında su varken motor devreleri enerjilenirse kaç dakika sonra M1 motoru STOP edecektir?



YANIT:

Depo 3'e $(0,9-0,1) \times 1 = 0,8$ ton su aktarılacaktır.

Devrelere enerji verildiği anda M2 motoru çalışmaya ve Depo 2'den Depo 3'e su aktarmaya başlayacaktır.

Depo 2'den $(0,8-0,3) \times 1,5 = 0,75$ ton su çekildikten sonra M1 motoru çalışmaya başlayacak ve Depo 1'den Depo 2'ye su aktarmaya başlayacaktır.

M2 motoru 1 ton suyu 10 dakikada bastığına göre 0,75 ton suyu $10 \times 0,75 = 7,5$ dakikada (yani 7 dk. 30 sn) basacaktır. Depo 3'te (deponun dolması için) 0,05 tonluk su ihtiyacı kalacaktır.

M2 motoru 0,75 ton suyu 7,5 dakikada bastığı anda seviye şalterleri M1 motorunu devreye alacaktır.

M1 motoru çalışıp biraz su bastıktan sonra (1-2 dk. sonra) M2 motoru tekrar çalışarak Depo 3'e 0,05 ton su bastıktan sonra duracaktır. Bu miktarı basmak için $0,05 \times 10 = 0,5$ dakika (yani 30 sn) çalışıp duracaktır. Tabii bu sürede M1 motoru zaten çalışmakta olduğundan 30 sn.lik bu süreyi toplam çalışma süresine eklemeyeceğiz.

M1 motoru Depo 3'ün ihtiyacı olan su miktarı kadar (yani 0,8 ton) suyu basıncaya kadar çalıştıktan sonra duracaktır. M1 motoru 1 ton suyu 5 dakikada bastığına göre 0,8 ton suyu $5 \times 0,8 = 4$ dakikada basacak ve duracaktır.

Bu duruma göre M1 motoru duruncaya kadar toplam $7,5 + 4 = 11,5$ dakika yani diğer bir deyişle 11 dakika 30 saniye geçecektir.

SORU 77: Tek fazlı bir trafonun etiketinde 400/48 V; 5000 VA değerleri okunmuştur. Bu trafonun giriş uçlarına 240 V uyguluyoruz ve çıkış tarafına da dirençten oluşan bir yük bağlıyoruz. Bu anda trafonun çektiği gücü ölçüyor ve 300 watt olarak okuyoruz. Buna göre (trafonun kayıplarını ihmal ederek) aşağıdakileri hesaplayınız:

- a) Trafonun primerinden akan akım ne kadardır?
- b) Trafonun sekonderinin gerilimi ne kadardır?
- c) Trafonun sekonderinden akan akım ne kadardır?

YANIT:

- a) Trafonun çektiği güç 300 W ise $P=U \cdot I$ formülünden yola çıkarak primer akımını $I=P/U=300/240=1,25$ A olarak hesaplarız.
- b) Etiket değerlerine göre trafonun dönüştürme oranı $400/48=8,333$ dür. Primere 240 V uyguladığımıza göre sekonder gerilimi $240/8,333=28,8$ V olacaktır.
- c) Trafonun gücü 300 W ve sekonder gerilimi 28,8 V ise sekonderden akan akım $I=P/U=300/28,8=10,416$ A olarak hesaplanır.

SORU 78: 2x63A O/L ile beslenen bir konutta 240 V, 3 kW, 50 Hz değerlerindeki bir su ısıtıcısı ile 230 V, 3 kW, 50 Hz değerlerindeki bir elektrikli fırın birlikte devreye alınmıştır. Sözkonusu devrelerin gerilimi voltmetre ile ölçülmüş ve 220 V olarak okunmuştur. Bu gerilim değerine göre;

- a) Her bir cihazın çekeceği akımı
- b) Her bir cihazın çektiği gücü
- c) Bu iki devrenin toplam akımını hesaplayınız.

YANIT:

- a) Öncelikle cihazların dirençlerini hesaplayalım:
 $P_s=U \cdot I = U^2/R$ olduğuna göre $R= U^2/P= 240^2/3000= 57600/3000=19,2 \Omega$ (su ısıtıcı direnci)
 $P_f=U \cdot I = U^2/R$ olduğuna göre $R= U^2/P= 230^2/3000= 52900/3000=17,6 \Omega$ (fırın direnci)
 Bu cihazları 220 V gerilimli bir devrede çalıştırıyoruz.
 Su ısıtıcısı $I=U/R=220/19,2 \approx 11,5$ A akım çekecektir.
 Elektrikli fırın $I=U/R=220/17,6 \approx 12,5$ A akım çekecektir.
- b) Su ısıtıcısı $P_s=U \cdot I = 220 \times 11,5=2530$ W
 Elektrikli fırın $P_f=U \cdot I = 220 \times 12,5=2750$ W güç çekecektir.
- c) Bu iki devrenin toplam akımı $11,5+12,5=24$ A olacaktır.

SORU 79: Şebeke geriliminin 240 V olduğu bir evde bir adet ELEKTRİKLİ FIRIN ile bir adet 600 W ÜTÜ birlikte çalışırken sayaçtan 7,5 A akım çekilmektedir. Bu cihazlar devrede iken AYNI FIRINDAN BİR ADET DAHA çalıştırılacak olursa sayaçtan toplam kaç amper akım geçecektir. ($\cos \varphi = 1$ alınacaktır)

YANIT:

Gerilim 240 V ve çekilen akım da 7,5 A olduğuna göre devredeki yük miktarını $P=U \cdot I$ denklemi ile $240 \times 7,5=1800$ W olarak hesaplayabiliriz.
 Ütü 600 W olduğuna göre fırın $1800-600=1200$ W olacaktır.
 1200 W gücündeki fırın $I=P/U=1200/240=5$ A akım çekecektir.
 O zaman aynı fırından bir adet daha çalıştırılacak olursa sayaçtan $7,5+5=12,5$ A akım geçecektir.
 Soruyu ütünün çekeceği akımı hesaplayarak da (daha kolay bir şekilde) çözebiliriz.
 600W ütü $I=P/U=600/240=2,5$ A akım çekecektir.
 Bu durumda fırın $7,5-2,5=5$ A akım çekiyor demektir.
 Aynı fırından bir adet daha çalıştırılacak olursa sayaçtan $7,5+5=12,5$ A akım geçecektir

SORU 80: Bir motorun güç faktörü ($\cos\phi$) için aşağıdakilerden hangisi doğrudur? Neden?

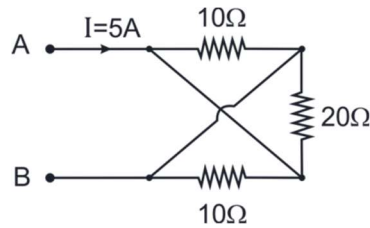
- a) $\cos\phi$ en az 0,1 olabilir.
- b) $\cos\phi$ arttıkça çekilen aktif güç azalır.
- c) $\cos\phi$ arttıkça şebekeden çekeceği akım azalır.
- d) $\cos\phi$ arttıkça çekilen reaktif güç artar.
- e) $\cos\phi$ en çok 1,5 olabilir.

YANIT:

Doğru yanıtı, her seçeneği değerlendirerek bulalım.

- a) $\cos\phi$, ϕ açısının 0-90 arasında değişen büyüklüğüne göre farklı farklı değerler almaktadır. $\phi=0$ ise $\cos\phi=1$, $\phi=90$ ise $\cos\phi=0$ değerindedir.
Yani bu demektir ki $\cos\phi$ en az sıfır, en çok bir olabilir. Öyleyse (a) seçeneği yanlıştır.
- b) Aktif güç $P=S.\cos\phi=U.I.\cos\phi$ formülü ile hesaplanır.
Burada gerilim ve akım değerlerini sabit kabul edersek görüyoruz. Öyleyse (b) seçeneği yanlıştır.
- c) Akımı $I=P/(U.\cos\phi)$ formülü ile ifade edebiliriz.
Burada güç ve gerilim değerlerini sabit kabul edersek $\cos\phi$ arttıkça akımı azalacağını görebiliyoruz. Öyleyse (c) seçeneği **doğrudur**.
- d) S (görünür güç-VA); P (aktif güç-W) ile Q (reaktif güç-var) büyüklüklerinin vektörel toplamıdır. Bu güçleri bir arada matematiksel bir denklemlerle ifade edersek;
 $S^2=P^2+Q^2$ diye yazabiliriz.
(b) seçeneğini açıklardan $\cos\phi$ arttıkça aktif gücün de arttığını söylemiştik. Bu ifadeyi $S^2=P^2+Q^2$ formülü ile birlikte düşünecek olursak;
 S (görünür güç) sabit olduğuna göre P (aktif güç) artarsa Q (reaktif güç) azalmalıdır.
Öyleyse $\cos\phi$ arttıkça çekilen reaktif güç azalacaktır. Yani (d) seçeneği yanlıştır.
- e) (a) seçeneğinde yapılan değerlendirmede $\cos\phi$ değerinin en çok 1 (bir) olabileceği söylenmiştir. Öyleyse (e) seçeneği yanlıştır.

SORU 81: Aşağıdaki devrede A-B arasındaki gerilim değerini hesaplayınız.



YANIT:

Devreyi dikkatlice incelersek 3 adet direncin paralel bağlanmış olduklarını görebiliriz. Bu durumda devrenin eşdeğer direnci,

$$R_e = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3} \text{ formülü ile hesaplayabiliriz.}$$

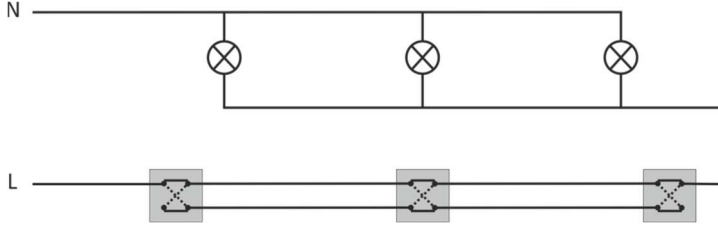
$$R_e = \frac{10 \cdot 10 \cdot 20}{10 \cdot 10 + 10 \cdot 20 + 10 \cdot 20} = \frac{2000}{100 + 200 + 200} = \frac{2000}{500} = 4 \Omega \text{ olarak hesaplanır.}$$

Devrenin akımı da 5 A olduğuna göre A-B arasındaki gerilimin değeri de $5 \text{ A} \times 4 \Omega = 20 \text{ V}$ olur.

SORU 82: Tesisatını yaptığınız bir evin koridorundaki 3 adet lamba 3 ayrı noktadan kumanda edilecektir. Elinizde yalnızca 3 adet tekli ara vaeviyen anahtar kalmıştır. Bu anahtarlarla istenen devreyi kurabilir misiniz? Açık bağlantı şeklini çizerek anlatınız.

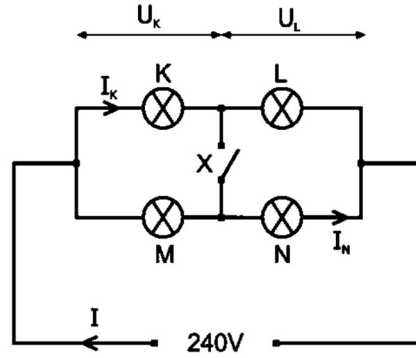
YANIT:

Bu anahtarlarla istenilen devre aşağıdaki gibi kurulabilir.



SORU 83: Aşağıdaki devrede X anahtarı açık, K, L, M ve N lambaları 100'er wattlık standart (akkor flamanlı) lambalardır.

- X anahtarı AÇIK durumda iken I , I_K ve I_N akımlarını ve U_K , U_L gerilimlerini hesaplayınız.
- X anahtarı KAPALI durumda iken I , I_K ve I_N akımlarını ve U_K , U_L gerilimlerini hesaplayınız.



YANIT:

- X anahtarı açık iken K ile L ve diğer yandan da M ile N lambaları birbirlerine seri bağlanmış olarak 240V gerilimi eşit şekilde bölüşürler. Yani $U_K = U_L = 240/2 = 120V$ dur. Her lambanın 100W olduğunu biliyoruz.

$$P = U \cdot I = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R} \text{ dir ve bu formülde değişken de yalnızca gerilimin değeridir. Öyleyse } X$$

$$\text{anahtarı açıkken her lambanın gücü } P_1 = \frac{\left(\frac{U}{2}\right)^2}{R} = \frac{U^2}{4R} = \frac{1}{4}P = \frac{100}{4} = 25 \text{ W olacaktır.}$$

Birbirleri ile seri bağlı olan K ve L lambaları üzerinden I_K akımı, M ve N lambaları üzerinden ise I_N akımı akacaktır. Bu akımların eşit olduklarını görüyoruz.

$$P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} \text{ dur. Buradaki } U \text{ değeri lambaya uygulanan gerilimdir yani } 120V \text{ dur.}$$

$$\text{Öyleyse } I_K = I_N = \frac{25}{120} \cong 0,2 \text{ A dir.}$$

- X anahtarı kapalı iken K ile M ve diğer yandan da L ile N lambaları birbirlerine paralel bağlanmış olarak 240V gerilimi eşit şekilde bölüşürler. Yani $U_K = U_L = 240/2 = 120V$ dur. Bu durumda da yukarıdaki yöntem ve düşünce tarzı ile aynı hesaplamaları yaparak yine aynı sonuçlara varırız. Yani $I_K = I_N \cong 0.2A$ olur.

SORU 84: 3x120+70mm² PVC/SWA/PVC kablo arızasına çağrıldınız. MΩ ve Ω kademelerinde kablo üzerinde yaptığınız testlere ilişkin sonuçlar aşağıdaki gibidir:

	MΩ kademesinde	Ω kademesinde
R-S	57 MΩ	∞ Ω
R-T	33 MΩ	∞ Ω
S-T	0 MΩ	0,5 Ω
R S T – N	50 MΩ	∞ Ω
R S T – E (zırh)	45 MΩ	∞ Ω

$$R_t = R_{20}[1 + \alpha_{20}(t - 20^\circ\text{C})], \quad \alpha_{20} = 3,9 \cdot 10^{-3}$$

- Megger ölçü aleti ile yapılan test sonuçlarını yorumlayınız.
- Kablonun çalışma ortam sıcaklığı ve kablonun sıcaklığı 35°C olarak ölçülmüştür.
 $R(\text{arıza}) = 0 \Omega$;
 20°C deki dirençler $R(120 \text{ mm}^2) = 0,153 \Omega/\text{km}$;
 $R(70 \text{ mm}^2) = 0,268 \Omega/\text{km}$; ve
 Kablonun boyu 2 km olduğuna göre arıza kaçınıcı metrededir?
- Kablo elektrik şebekesinden beslendiği noktadan 250 A MCCB ile korunuyor ve MCCB'nin ayarı $0,8 \cdot I_n$ seçilmiş durumda iken MCCB'nin trip edebilmesi için $R_{\text{arıza}}$ en çok kaç Ω olabilir?

YANIT:

- S-T arasında yapılan ölçüm dışında diğer ölçümlerde bulunan değerler hepsi normal değerlerdir. S-T arasındaki ölçüm değerleri, kablonun S ve T faz iletkenleri arasında bir kısadevre olduğunu göstermektedir.
- Ölçümler 35 °C de yapıldığından bulunan değeri 20°C ye indirgememiz gerekmektedir.
 $R_t = R_{20}[1 + \alpha_{20}(t - 20^\circ\text{C})]$ formülü ve $\alpha_{20} = 3,9 \cdot 10^{-3}$ katsayısından yararlanarak kademesinde S-T arasında ölçülen direnç değerini (30Ω) 20°C ye indirgeyelim.
 $R_{35} = R_{20}[1 + \alpha_{20}(35 - 20^\circ\text{C})] \rightarrow 50 = R_{20}(1 + 15 \cdot 3,9 \cdot 10^{-3}) = R_{20}(1 + 0,058) = 1,058 \cdot R_{20}$
 $R_{20} = 50 / 1,058 = 47,2 \Omega$ olur.
 Yani ölçüm yapılan noktadan itibaren arıza noktasına kadar S ve T faz iletkenlerinin dirençleri toplamı 20°C sıcaklığa göre 47,2 Ω dur. Yani her faz iletkenine 47,2/2=23,6 Ω direnç düşmektedir.
 Ölçülen iletkenlerin her ikisi de 120 mm² dir. Kablonun direnci 0,153 Ω/km olduğundan arıza noktası 23,6/0,153=154 km uzaktadır.
- 250A MCCB $0,8 \cdot I_n$ ayarında kullanılıyorsa $0,8 \cdot 250 = 200$ A için koruma yapmaktadır. Faz faz arası kısadevrede MCCB'nin trip edebilmesi için arıza direnci en çok 415/200=2,075 Ω olmalıdır.

SORU 85:

3 kW – 240 V **semaver** ve 7 kW – 230 V **anında su ısıtıcı** (instant heater) 240 V gerilim değerine sahip şebekemize bağlanıyorlar.

- a) Her bir cihaz kaç amper akım çekecektir?
- b) **2 saat 20 dakika** süreyle devrede kalan **semaver**, kaç kWh'lık enerji tüketecektir?
- c) **40 dakika** süreyle devrede kalan **anında su ısıtıcı**, kaç kWh'lık enerji tüketecektir?

YANIT:

- a) Şebekemizin 240 V olduğunu gözönünde bulundurmalıyız.
Buna göre 3 kW-240 V semaver $I=P/U=3000/240=12,5$ A akım çekecektir.
230 V gerilimde çalışmak üzere üretilmiş olan 7 kW gücündeki anında su ısıtıcısı bizim şebekede daha fazla güç kullanacaktır.
 $P=U.I=U.U/R=U^2/R$ dir. R ısıtıcının sabit olan direncidir.
 $P_{240}/P_{230}=240^2/230^2 \cong 1,09$ olarak hesaplanır.
Öyleyse ısıtıcı 240 V altında $1,09 \times 7 = 7,63$ kW güç kullanacaktır.
Buna göre ısıtıcının akımı $I=P/U=7630/240=31,8$ A olacaktır.
- b) 2 saat 20 dakika ondalıklı yazılımda 2,33 saat olarak yazılır. 3 kW gücündeki semaver bu sürede $\text{Enerji}=\text{Güç} \times \text{Zaman} = 3 \times 2,33 = 7$ kWh enerji tüketecektir.
- c) 40 dakika ondalık yazılımda 0.66 saattir. Anında su ısıtıcısı 40 dakikada $\text{Enerji}=\text{Güç} \times \text{Zaman} = 7,63 \times 0,66 \cong 5$ kWh enerji tüketecektir.

SORU 86:

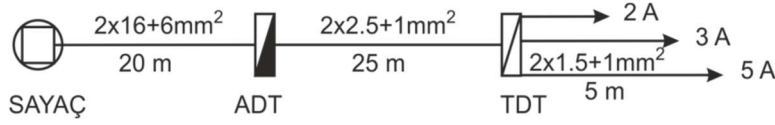
Aşağıdakilerden hangisi/hangileri yanlıştır? Neden? Tüm şıkları yorumlayınız.

- a) Faz-Nötür kısa devresinde **toprak otomatığı** atabilir.
- b) Faz-Toprak kısa devresinde ilgili devrenin **aşırı akım koruyucu elemanı** (MCB) atabilir.
- c) $2 \times 4 + 2,5 \text{ mm}^2$ lik **radyal priz devresine** 20A den küçük sigorta konamaz.
- d) Aynı devrede 3 adet **RCD** birarada kullanılabilir.
- e) Bir konutun **topraklama elektrodu** direnci $0,3 \Omega$ olabilir.

YANIT:

- a) Toprak otomatığı normalde faz-toprak kısıdevresinde görev yapmak üzere tasarlanmış bir elemandır. Toprak otomatiklerinin aşırı akıma karşı koruyucu olan tipleri (O/L'lu olanlar) faz-nötür kısıdevresinde koruma değerinin üzerinde bir akım akması durumunda atabilir. Yani bu şık **doğrudur**.
- b) Normalde faz-toprak kısa devresinde toprak otomatığının atması gerekir. Ancak toprak otomatığı arızalanmış ise ve faz-toprak kısa devresinde akan akım yeteri kadar büyük ise ilgili devrenin MCB atabilir. Yani bu şık da **doğrudur**.
- c) $2 \times 4 + 2,5 \text{ mm}^2$ lik radyal priz devresine normalde 30 A sigorta konur. Aşırı akım koruyucuları kablo ve cihazların taşıyabileceklerinden daha fazla akım çekmelerini önlemek için kullanılırlar. Burada söz konusu olan 4 mm^2 lik iletkenidir. Bu iletken en çok 30 A taşıyabilir. Dolayısıyla bu iletkenin oluşturduğu devrenin başına en fazla 30 A sigorta konabilir. Konabilecek en küçük sigorta için sınırlama beslediği cihazla belirlenir. Devre priz devresi olduğundan kesin bir yükü yoktur, bu priz devresi istenirse yalnızca abajurları beslemek için tesis edilebilir ve o zaman 5 A sigorta ile korunması gerekir. Demek ki bu şık **yanlıştır**.
- d) Dallara ayrılmış bir devrede toprak arızalarına karşı seçici koruma yapma için en baştan en uca doğru 300 mA, 100 mA ve 30 mA RCD ler aynı anda kullanılabilir. Öyleyse bu şık **doğrudur**.
- e) Topraklama elektrodunun direnci ne kadar küçük olursa o kadar iyidir. 300 mA toprak otomatığı için konutların topraklama direncinin 166Ω dan büyük olmaması gerekmektedir. Dolayısıyla $0,3 \Omega$ da olabilir, $0,1 \Omega$ da. Yani bu şık da **doğrudur**.

SORU 87: Aşağıdaki tesisatta sayaç noktasındaki gerilim 238 V ise TDT noktasındaki gerilim ne kadardır? Hesaplayınız.



Kabloların amper ve metre başına gerilim düşümü katsayıları aşağıda verilmiştir:

$$16 \text{ mm}^2 \rightarrow 2,6 \text{ mV} // 2,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 16 \text{ mV} // 1,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 27 \text{ mV}$$

YANIT:

Tesisatta çekilen akımlar toplamı 10 A dir. Buna göre;

Sayaç-ADT arasında gerilim düşümü $\Delta U_1 = 10(A) \times 20(m) \times 2,6(mV/(A.m)) = 520 \text{ mV}$

ADT-TDT arasında gerilim düşümü $\Delta U_2 = 10(A) \times 25(m) \times 16(mV/(A.m)) = 4000 \text{ mV}$

Toplam gerilim düşümü ise $520 + 4000 = 4520 \text{ mV} = 4,52 \text{ V}$ olur.

Sayaçta gerilim 238 V ise TDT noktasındaki gerilimin değeri $238 - 4,52 = 233,48 \text{ V}$ olur.

SORU 88: **Current Operated** (akım ile çalışan) 100 mA otomatikli bir dağıtım tablosu ile yapılan bir tesisatta arıza nedeniyle otomatik sürekli olarak açmaktadır. Böyle bir arızaya gittiniz ve elinizdeki megger ölçü aleti ile aşağıdaki ölçümleri yaptınız. Arıza hakkında ne dersiniz? Her ölçümü yorumlayınız.

- | | |
|-------------------------------|--|
| a) | DT ile Ana kesici arasındaki kolon hattında (DT Ana Kesicisi OFF konumunda); |
| F-N: $\infty \text{ M}\Omega$ | F-E: $20 \text{ M}\Omega$ N-E: $15 \text{ M}\Omega$ |
| b) | DT ile Semaver arasında; |
| F-N: 18Ω | F-E: $0,5 \text{ M}\Omega$ N-E: $0,5 \text{ M}\Omega$ |
| c) | Su motoru devresinde; |
| F-N: 25Ω | F-E: $12 \text{ M}\Omega$ N-E: $12 \text{ M}\Omega$ |
| d) | Ring priz devresinde; |
| F-N: $\infty \text{ M}\Omega$ | F-E: $20 \text{ M}\Omega$ N-E: $0,0023 \text{ M}\Omega$ |

YANIT:

- Kolon hattında yapılan tüm ölçümler normal değerler vermiştir.
- DT-Semaver arasındaki F-E ve N-E yalıtım dirençleri düşük değerlerdedirler. Bu zayıf yalıtım değerleri toprak otomatliğini attırır mı, ona bakalım.
Gerilim 240 V ve direnç (yalıtım direnci) de $0,5 \text{ M}\Omega$ (yani 500000Ω) olduğuna göre kaçak akım $240/500000 = 0,00048 \text{ A} = 0,48 \text{ mA}$ olur ki bu değer 100 mA lik otomatığı çalıştırmaz.
- Su motoru devresindeki tüm ölçümler normal değerlerdedir.
- Ring priz devresinde N-E arasındaki yalıtım ($0,0023 \text{ M}\Omega = 2300 \Omega$) çok düşüktür. Bu düşük yalıtım $240/2300 = 0,104 \text{ A} = 104 \text{ mA}$ kaçak akıma neden olur ve bu değer 100 mA lik otomatığı çalıştırır.

Ölçümlerden anlaşıldığına göre esas arıza ring priz devresindedir, ancak semaver devresinin de gözden geçirilmesi uygun olacaktır.

SORU 89: En yakın AG şebekesinden (415 V) 20 km uzakta bulunan ve kurulu gücü 20 kVA olan 3 fazlı bir konuta enerji temin etmek için nasıl bir düzenek kurarsınız? Şekil çizerek açıklayınız.

YANIT:

Normal uygulamada söz konusu konut için KIBTEK tarafından orta gerilim hattı ve trafo gerektiren bir proje hazırlanması gerekir, ancak soruda KIBTEK'ten söz edilmediği için özel koşullar içeren bir uygulama yapılması öngörülmektedir. Alçak gerilim hattını 20 km uzatarak konutu beslemek, çok fazla uzaklığın neden olacağı gerilim düşümü nedeniyle olanaksızdır. Bu durumda, 20 km uzaklıkta gerilim düşümünün en az olmasını sağlamak için AG şebekesinin bittiği yere 415/22000 V – 25 kVA yükseltici trafo, konuta kadar 3 fazlı 22 kV havai hat ve konutun yanına da 22000/415 V – 25 kVA indirici trafo konulması gerekecektir. Böylece hem gerilim düşümü en az olacak ve hem de oluşan gerilim düşümü de trafoların kademe ayarlarıyla olabildiğince giderilmeye çalışılacaktır.

Anlatılan çözüm, aşağıdaki gibi şema olarak çizilebilir:



SORU 90: 1,5 MVA gücündeki bir hotel kendisi için kurulacak özel bir trafo istasyonundan beslenecektir. Bu istasyon içerisinde 1 adet 1000 kVA ve 1 adet 800 kVA trafo bulunacaktır. Aynı tesise jeneratör desteği sağlamak üzere 2 adet 1000 kVA gücünde jeneratör tesis edilecektir. Jeneratörler paralel olarak çalıştırılacaktır. 850 kW gücündeki mekanik sistemler bir trafodan bağımsız olarak beslenecektir.

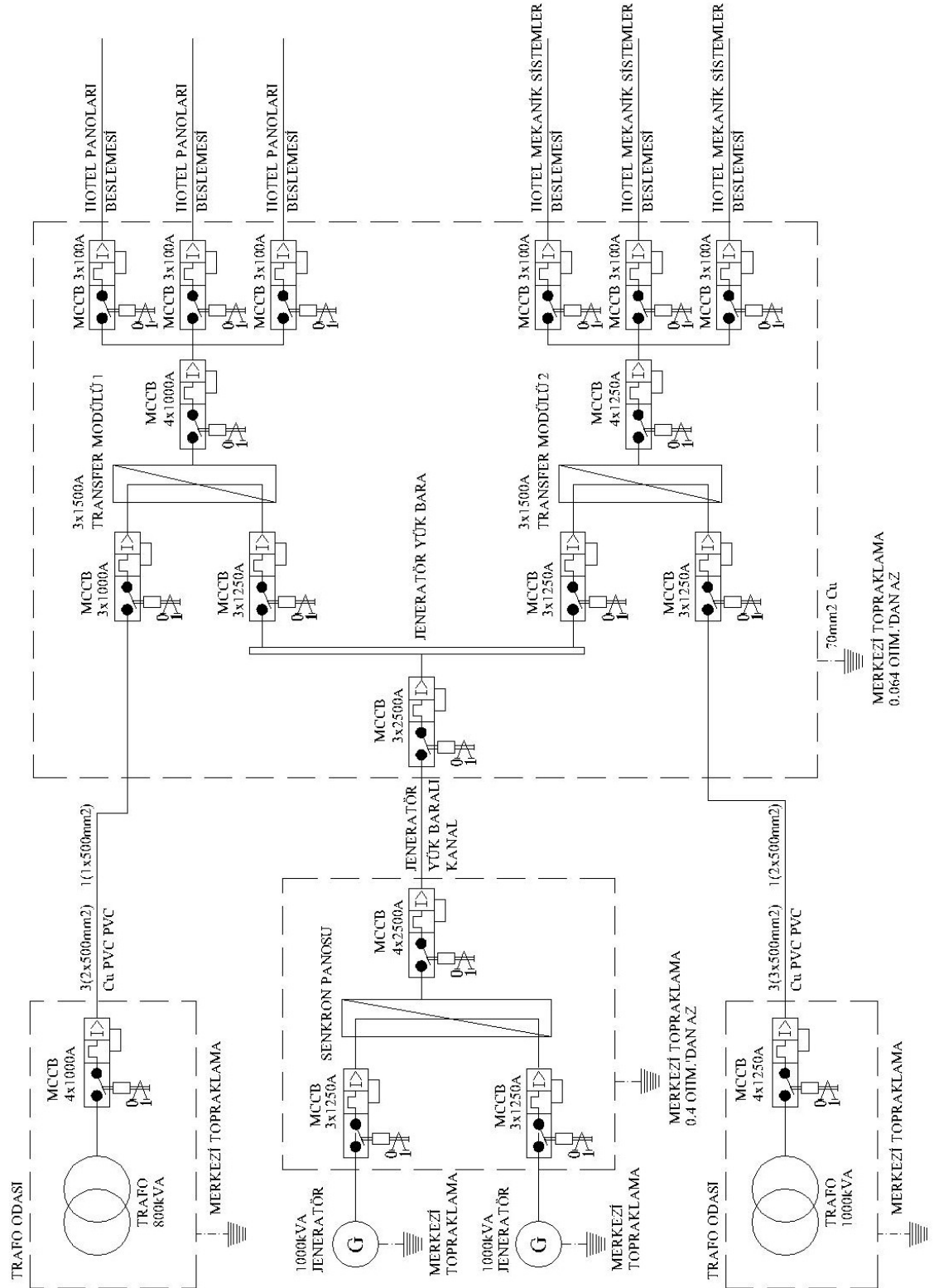
- Bu güç devresini trafolardan başlayarak; kullanılması gereken trafo kesicileri, kesicilerin kutupları, transfer modüllerinin güçleri ve kutup sayıları ile kablo kesitlerini de belirterek çiziniz.
- Transfer panoları için kurulacak düzeneklerin kumanda şemalarını, jeneratörler üzerinde herhangi bir transfer otomasyon modülünün bulunmadığını varsayarak tasarlayınız. Şebeke kesildiğinde jeneratörler elle çalıştırılarak sistem devreye alınacak ancak şebeke enerjisi yeniden geldiğinde sistem tüm yükü otomatik olarak transfer edecektir.
- Hotelin ana topraklama iletkenini ve eşdeğer topraklama direncini hesaplayınız.

Kablo seçimi için aşağıdaki akım taşıma kapasiteleri ve paralel kullanım katsayılarından yararlanılacaktır.

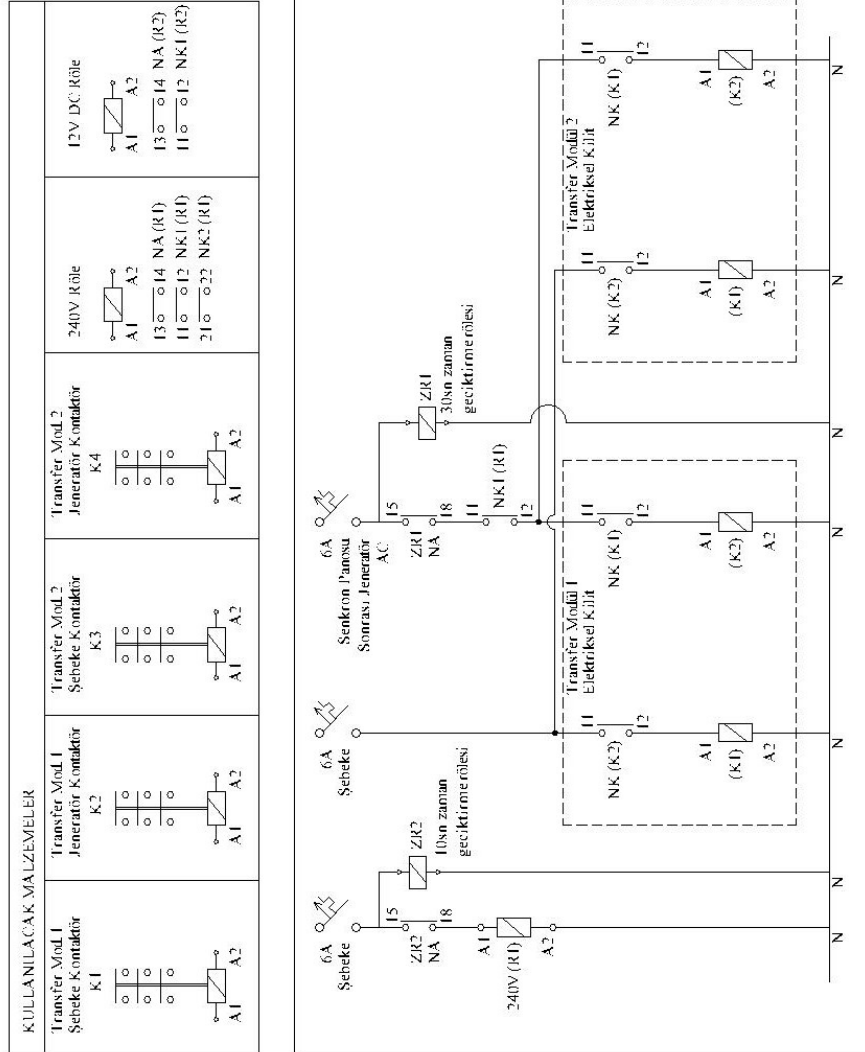
1x300mm ² Cu. PVC/PVC	493A		
1x400mm ² Cu. PVC/PVC	584A		
1x500mm ² Cu. PVC/PVC	666A		
1x630mm ² Cu. PVC/PVC	764A		
Kablo sayısı	2	3	4
Paralleleme katsayısı	0,8	0,7	0,65

YANIT:

- Güç devresi:



- **Kontrol devresi:**



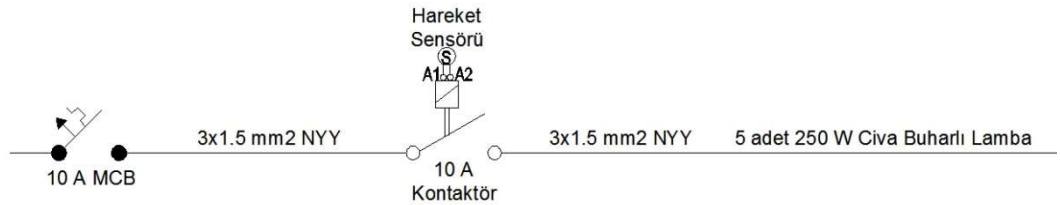
Ana topraklama iletkeni 70 mm² Cu olmalıdır. Eşdeğer topraklama direncini, jeneratörler çalışırkenki toplam 2500 A'e göre hesaplayacağız. Eşdeğer topraklama direnci en çok $R = U / 1,5 \cdot I = 240 / 1,5 \times 2500 = 0,064 \, \Omega$ olmalıdır.

SORU 91: Bir binada 5 adet 250 W civa buharlı lambadan oluşan bir aydınlatma devresi bir adet hareket sensörü aracılığı ile kumanda edilecektir.

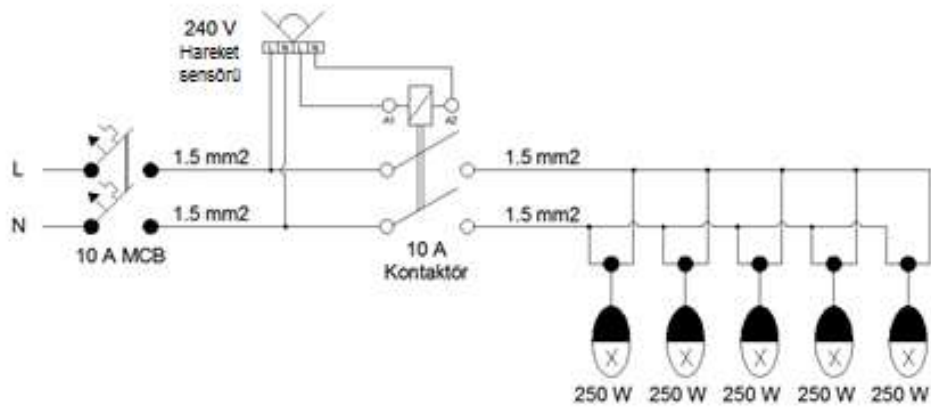
- Sensör kontrollü lamba devresinin (gerekli tüm elemanlarıyla birlikte) tek hat şemasını ana kesiciden itibaren çiziniz. MCB değerini ve kablo kesitini belirtiniz.
- Aynı devrenin açık bağlantı şemasını çiziniz.

YANIT:

- Sensör kontrollü devre



- Açık bağlantı şeması



SORU 92: 0,5 MVA gücündeki bir hotel kendisi için kurulacak özel bir trafo istasyonundan beslenecektir. 300 kVA'lık jeneratör ile tesise jeneratör desteği sağlanacaktır. Güç faktörü 1 ve soğutma kapasitesi 200 kW olan VRF tipi soğutma grubu elektrik kesintilerinde devre dışında bırakılacaktır.

- Bu güç devresini trafodan başlayarak; kullanılması gereken trafo kesicisi, kesicilerin kutupları, transfer modülünün gücü ve kutup sayısı ile kablo kesitlerini de belirterek çiziniz.
- Transfer panosu için kurulacak düzeneğin kumanda şemasını, jeneratör üzerinde herhangi bir transfer otomasyon modülünün bulunmadığını varsayarak tasarlayınız. Şebeke kesildiğinde jeneratör elle çalıştırılarak sistem devreye alınacak ancak şebeke enerjisi yeniden geldiğinde sistem tüm yükü otomatik olarak transfer edecektir.
- Hotelin ana topraklama iletkenini ve eşdeğer topraklama direncini hesaplayınız.

Kablo seçimi için aşağıdaki akım taşıma kapasiteleri ve paralel kullanım katsayılarından yararlanılacaktır.

3x240/120mm ² Cu. PVC/SWA/PVC	420A		
3x185/95mm ² Cu. PVC/SWA/PVC	350A		
3x150/70mm ² Cu. PVC/SWA/PVC	310A		
Kablo sayısı	2	3	4
Parallellendirme katsayısı	0,8	0,7	0,65

YANIT:

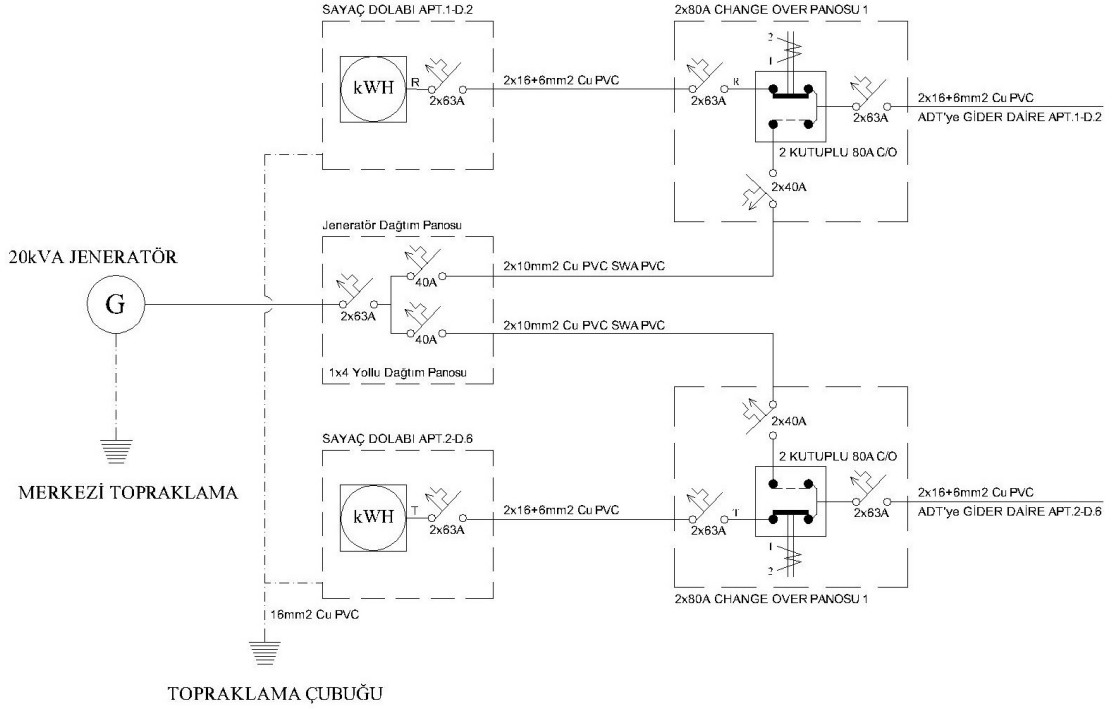
- Güç devresi:

SORU 93: Aynı parsel içerisinde bulunan ve aralarında 100 metre uzaklık olan 6'şar hanelik iki apartmanda, Apt.1-D.2 ile Apt.2-D.6'nın, elektrik kesintilerine karşı tek fazlı 20 kVA gücünde bir jeneratör ile birlikte desteklenmesi istenmektedir. Jeneratör iki apartmanın arasına yerleştirilecektir. Apt.1-D.2 şebekenin R fazından beslenirken Apt.2-D.6 şebekenin T fazından beslenmektedir.

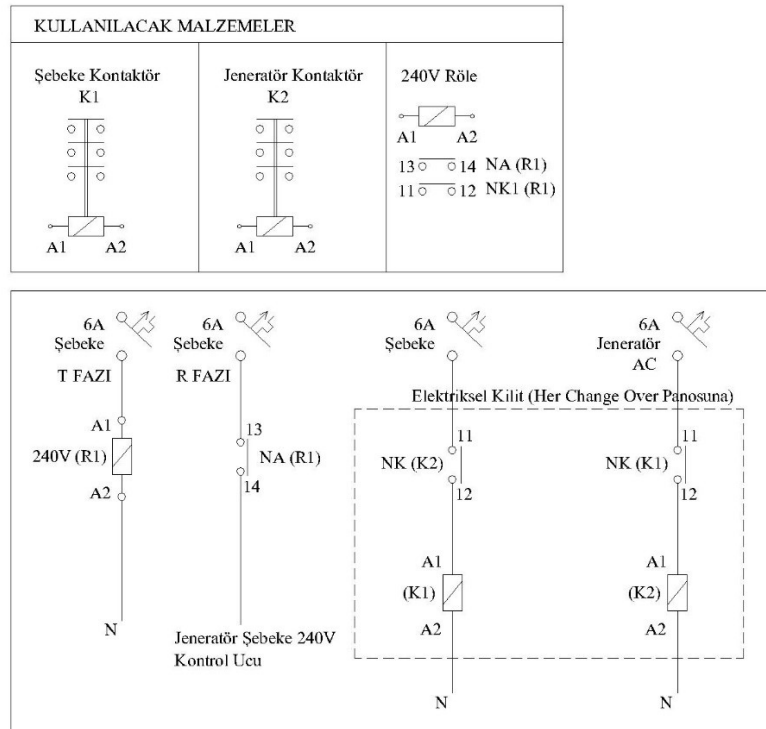
En güvenli ve en ekonomik bir şekilde ve KIBTEK kurallarını da göz önünde bulundurarak nasıl bir bağlantı kurulması gerektiğini şekil çizerek açıklayınız.

YANIT:

Güç devresi aşağıdaki gibi olmalıdır:



Kumanda devresi de aşağıdaki şekilde düzenlenmelidir:



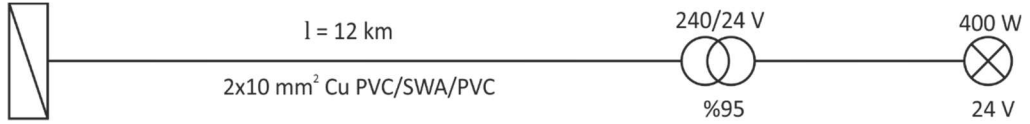
SORU 94: Kıbtek dağıtım şebekesinden 12 km uzakta olan 400 W/24 V bir deniz fenerine $2 \times 10 \text{ mm}^2$ Cu.PVC/SWA/PVC kablo ile enerji taşınmakta ve verimi %95 olan 240 V/24 V'luk bir trafo aracılığı ile lamba çalıştırılmaktadır.

- a) Lambanın uçlarında okunan gerilim kaç voltur?
 b) Bu durumda lamba şebekeden ne kadar güç çeker?

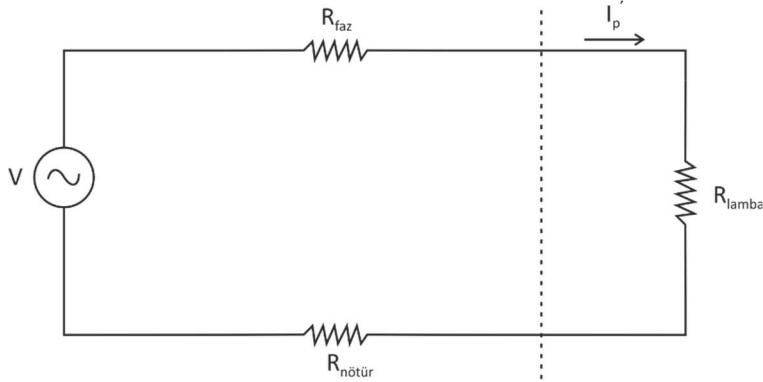
NOT: $2 \times 10 \text{ mm}^2$ Cu.PVC/SWA/PVC kablonun gerilim düşümü katsayısı $1,4 \text{ mV}/(\text{A.m})$ dir.

YANIT:

Devrenin en basit şeması aşağıdaki gibidir:



- a) Trafonun çıkışında (sekonderinde) akacak akım $I_s = 400 \text{ W}/24 \text{ V} = 16,66 \text{ A}$ dir. Trafonun dönüştürme oranı $k = 240/24 = 10$ olduğuna göre, Trafonun girişinde (primerinde) akacak akım $I_p = 16,66 \text{ A}/10 = 1,66 \text{ A}$ olacaktır. Trafonun verimliliğini de hesaba katacak olursak trafonun primerinde akacak akımı $I_p' = 1,66/0,95 = 1,74 \text{ A}$ olur. Bu akım değerini esas alarak gerilim düşümünü hesaplayalım:
 $\Delta V = 1,4 \text{ [mV/A.m]} \times 12000 \text{ [m]} \times 1,74 \text{ [A]} = 29232 \text{ mV} = 29,23 \text{ V}$ olur.
 Trafonun giriş uçlarındaki gerilim $V_T = 240 - \Delta V = 240 - 29,23 = 210,77 \text{ V}$ olur ve Lambanın uçlarındaki gerilim de $V_L = 210,77/10 = 21 \text{ V}$ olacaktır.
- b) Lambanın şebekeden ne kadar güç çektiğini hesaplamak için aşağıdaki devre şemasından yararlanacağız.



Burada R_{faz} ve $R_{nötür}$ dirençleri 12 km uzunluğundaki besleme hattına aittir.

$$P_{\text{Toplam}} = P_{\text{Lamba}} + [(I_p')^2 \times (R_{faz} + R_{nötür})]$$

$$(R_{faz} + R_{nötür}) = 1,4 \text{ [mV/(A.m)]} \times 12 \text{ [km]} = 16,8 \Omega \text{ dur.}$$

$$\text{Trafonun verimi ile birlikte lambanın çektiği güç } P_{\text{Lamba}} = 400/0,95 = 421 \text{ W}$$

$$P_{\text{Toplam}} = 421 + [(1,74)^2 \times (16,8)] = 421 + 50,86 = 471,86 \text{ W olur.}$$

SORU 95: 3 faz 100 kVA gücündeki bir jeneratör arızalanmıştır. Teknisyen olarak siz çağrıldınız. Öncelikle jeneratörün sargılarını ölçtünüz ve sargıların sağlam olduğunu gördünüz.

- a) Jeneratör elektrik üretmiyor, ancak uyarma sargısına 12V DC uygulandığında elektrik üretir duruma geliyorsa arıza nerededir?
- b) Jeneratör elektrik üretmiyor, uyarma sargısına 12V DC uygulandığında da elektrik üretmiyorsa arıza nerededir?

YANIT:

- a) Uyarma sargısına 12 V d.c gerilim uygulandığında jeneratör elektrik üretmeye başlıyorsa, sürekli (kalıcı) mıknatıs bozulmuş demektir.
- b) Jeneratör, uyarma sargısına 12 V d.c gerilim uygulandığında da elektrik üretmiyorsa aşağıdaki olasılıklar üzerinde düşünülmelidir:
 - Bağlantılarda kopukluk
 - Uyarma sargısı yanmış
 - Diyotlar yanık veya arızalı
 - Rotor veya stator sargılarında kopukluk

SANAYİ SORULARI

SORU 1: Özel trafosu olmayan bir sanayi tesisinin motorları yol alırken KIB-TEK kurallarına göre;

- Motorun yol alma akımı nominal akımın kaç katını aşmamalıdır?
- Bu koşulun sağlanabilmesi için hangi güçteki motorlara hangi tip yol verici kullanılmalıdır. Sıra ile yazınız.
- DOL yol verici motorun yol alma akımını sınırlar mı?

YANIT:

- Motorlara yol verilirken KIB-TEK tarafından öne sürülen ana koşul, yol alma akımının nominal akımın 1,5 katını aşmamasının sağlanmasıdır. Bu koşul 3 hp gücün üzerindeki motorlar için geçerlidir. 3 hp'e kadar olan motorlarda yalnızca motorun korunmasına yönelik önlemler istenir.

- Bu koşulun sağlanabilmesi için klasik yöntemler olarak;

- 3-5,5 hp arasındaki motorlar için **yıldız-üçgen yol verici** ve
- 5,5 hp'den büyük motorlar için **ototrafolu yolverici** kullanılır.

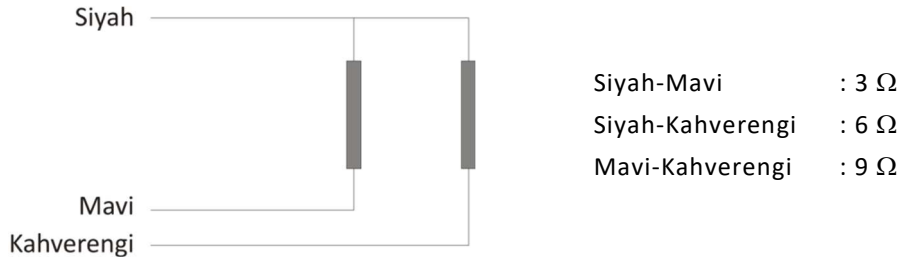
Yukarıdaki paragrafta belirtildiği gibi yol verici kullanılmasıdaki ana amaç yol alma akımının sınırlanması ve nominal akımın 1,5 katını aşmamasının sağlanmasıdır. Bu koşulu sağlayan diğer yöntemler ile de yol verilebilir.

Diğer yöntemler için aşağıdaki örnekler verilebilir:

- Ön dirençle yol verme,
- Yumuşak yol verici (soft starter) ile yol verme,
- Sulu yol vericiler ile yol verme,
- Frekans değiştirici (sürücü) ile yol verme

- DOL yol verici motorun yol alma akımını sınırlamaz. DOL terimi *Direct On Line* kelimelerinin ilk harflerinden oluşur ve *doğrudan çalıştırma* anlamını taşır. Motor sargılarında veya motora uygulanan gerilimde herhangi bir değişiklik yapmadan motoru enerjiler ve dolayısıyla yol vermiş olur. Motoru aşırı akımdan korur ve kontrolsüz olarak yeniden çalıştırılmasını önler.

SORU 2: Aşağıda tek fazlı bir dalgıç motorun sargıları ve direnç değerleri gösterilmektedir.



- Ana sargı hangi uçlar arasındadır?
- Yardımcı sargı hangi uçlar arasındadır?
- Kapasitör hangi uçlar arasına bağlanacaktır?
- Gerilim hangi uçlar arasına uygulanacaktır?

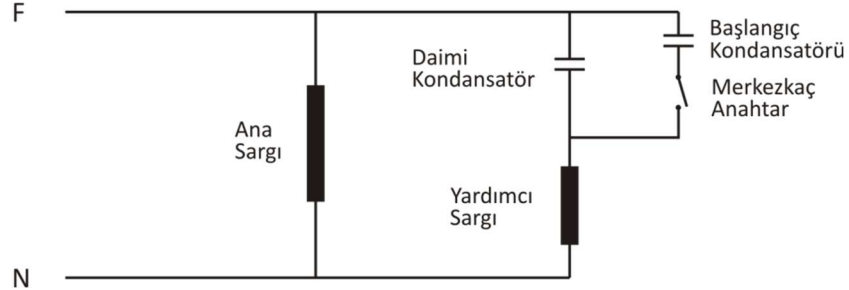
YANIT:

- Direnci küçük olan sargı ana sargıdır. Buna göre ana sargı direnç değerinin en küçük olduğu siyah-mavi uçlar arasındadır.
- Direnci büyük olan sargı yardımcı sargıdır. Burada en büyük direnç değeri 9 Ω olarak ölçülmüştür. Fakat dikkat edilirse bu değer diğer ölçümlerin (yani ana ve yardımcı sargı dirençlerinin) toplamı olduğu görülür. Buna göre yardımcı sargı siyah-kahverengi uçlar arasındadır.
- Kapasitör yardımcı sargıya seri olarak bağlanır. Burada kapasitör mavi-kahverengi uçlar arasına bağlanacaktır.
- Gerilim siyah-mavi uçlar arasına uygulanacaktır.

- SORU 3:**
- Kondansatör başlatmalı ve kondansatör çalıştırma tek fazlı bir elektrik motorunun devre şemasını çizip çalışmasını açıklayınız.
 - Bu motoru ters yönde döndürmek için ne yapmalıyız?

YANIT:

- Kondansatör başlatmalı ve kondansatör çalıştırma tek fazlı elektrik motorunun şeması aşağıdaki gibidir:



Motor yol alırken her iki kondansatör de devrededir. Bir kaç saniye içerisinde motor istenen devir sayısına ulaştıktan sonra başlangıç (ilk hareket) kondansatörü merkezkaç anahtar aracılığıyla devreden çıkartılır, daimi kondansatör ise motor çalıştığı sürece yardımcı sargıya seri bağlı olarak devrede kalır.

Başlangıç kondansatörünün değeri her zaman için daimi kondansatörün değerinden daha büyüktür.

- Bu motoru ters yönde döndürmek istiyorsak ya yardımcı sargı uçlarının yerini veya ana sargı uçlarının yerini değiştirmeliyiz. Böyle yaptığımız takdirde uçlarını değiştirdiğimiz sargıdan akan akımın ve dolayısıyla döner alanın yönü değişecek ve motor ters yönde dönecektir.

- SORU 4:** Santrifüj anahtarsız (kondansatör çalıştırma) tek fazlı bir motorla ilgili aşağıdaki soruları yanıtlayınız:

- Bu motor kaç adet sargıdan oluşmaktadır?
- Sargıların görevleri nelerdir?
- Hangi sargının direnci daha büyüktür?
- Böyle bir motor yol aldıktan sonra kondansatörü devrede kalır mı?

YANIT:

- Bu motor **ana sargı** ve **yardımcı sargı** olmak üzere iki adet sargıdan oluşmaktadır.

- Ana sargı:

Motorun esas sargısıdır. Devamlı olarak devrede olan bu sargı, omik direncinin düşük olması için kalın telden ve fazla sarımlı olarak sarılır.

Yardımcı sargı:

Yalnızca ana sargı ile döner alan elde edilemez. Bu nedenle bir fazlı motorlarda ana sargının dışında bir de yardımcı sargı bulunur. Ana ve yardımcı sargılar birbirine paralel bağlanıp aralarında 90° elektriki açı farklı oyuklara yerleştirilir. Bu sargılara bir fazlı gerilim uygulandığında hem ana ve hem de yardımcı sargıda manyetik alanlar meydana gelir. Fakat oyuklar arasında 90° elektriki açı farklı olmasına rağmen sargılara uygulanan gerilimler aynı fazlı olduğundan meydana gelen manyetik alanlar da aynı fazlı olduğundan iki sargıdan da manyetik döner alan meydana gelmez. İki sargıda meydana gelen manyetik alanlar arasında faz farkının oluşması için sargılardan geçen akımlarında faz farklı olması sağlanmalıdır. Yardımcı sargıdan geçen akımın gerilimden ilerde olması için yardımcı sargıya seri olarak bir kondansatör bağlanır. Böylece ana ve yardımcı sargı akımları arasında 90°lik faz farkı meydana gelir. Bu da düzgün bir döner manyetik alanın meydana gelmesini sağlar. Bu şekilde motor kendi başına kalkınabilir.

- Yardımcı sargının direnci daha büyüktür.
- Santrifüj (merkezkaç) anahtarı olmadığından bu motor yol aldıktan sonra kondansatörü devrede kalır.

SORU 5: Aşağıda tek fazlı bir motorun sargı ve empedans değerleri verilmektedir.

Siyah —●— Mavi

Siyah-Mavi = 6 Ω

Sarı —●— Kahve

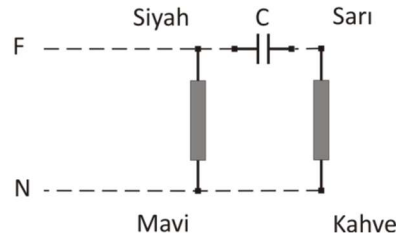
Sarı-Kahve = 12 Ω

- Hangi uçlar ana sargıya aittir?
- Hangi uçlar yardımcı sargıya aittir?
- Kondansatör hangi uçlara bağlanacaktır?
- Faz-Nötür hangi uçlara bağlanacaktır?
- Bu motorun devir yönünü ters çevirmek için ne yapılmalıdır? Şekil çizerek açıklayınız.

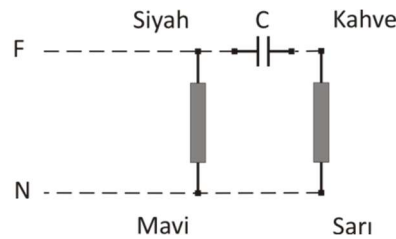
YANIT:

- Direnç değeri daha küçük olan sargı ana sargıdır. Dolayısıyla **siyah-mavi** uçlar arasındaki 6 Ω direnç değerli sargı ana sargıdır.
- Yardımcı sargının direnci ana sargıya göre daha büyüktür. Bu nedenle **sarı-kahve** uçlar arasındaki 12 Ω direnç değerli sargı yardımcı sargıdır.
- Kondansatörün bir ucu ana sargıya, diğer ucu ise yardımcı sargıya bağlanmalıdır. Bu koşulu sağlayan çeşitli seçenekler (kahve-mavi, sarı-mavi, sarı-siyah, kahve-siyah) vardır. Önemli olan motorun doğru yönde dönmesini sağlayacak bağlantıyı yapmaktır.
- Faz-Nötür ana sargının uçlarına (yani **siyah-mavi** uçlarına) bağlanmalıdır.
- Faz ile nötürün yerlerini değiştirmekle motorun ters dönmeyeceğini biliyoruz. Ters yöne döndürmek için yardımcı sargının ve ana sargının birbirleri ile bağlantılarını değiştirmemiz gerekecektir.

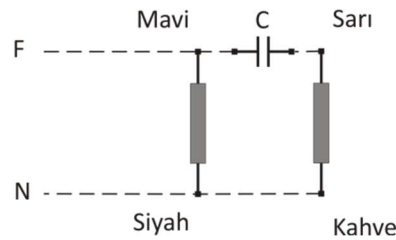
Motoru doğru yönde döndüren bağlantının aşağıdaki gibi olduğunu kabul edelim.



Yardımcı sargının uçlarını aşağıdaki gibi ters bağlarsak motor ters yönde dönecektir.



Yardımcı sargıya dokunmaz ve ana sargının uçlarını aşağıdaki gibi ters bağlarsak motor yine ters yönde dönecektir.



SORU 6: Üç fazlı motorlarla ilgili aşağıdaki soruları yanıtlayınız:

- Üç fazlı bir motora herhangi bir nedenle bir faz eksik gidiyorsa bu motor yol alır mı?
- 3 fazlı bir motor çalışırken herhangi bir nedenle bir faz eksilirse motorun çalışmasında bir değişiklik olur mu?
- 60 Hz/415 V için tasarlanmış bir motor 50 Hz'de çalıştırılırsa dönüş hızında ne gibi bir değişiklik olur? Açıklayınız.

YANIT:

- Üç fazlı bir motora herhangi bir nedenle bir faz eksik gidiyorsa bu motor yol alamaz.
- 3 fazlı bir motor çalışırken herhangi bir nedenle bir faz eksilirse motor çalışmaya devam eder. Eğer faz eksildiği sırada tam yükte çalışıyorsa motor zorlanır ve aşırı akım çekmeye başlar. Bu şekilde çalıştırılmaya devam edecek olursa aşırı ısınma nedeniyle sargılar yanabilir.
- 60 Hz/415 V için tasarlanmış bir motor 50 Hz'de çalıştırılırsa frekans değişikliğinden dolayı dönüş hızı değişir.
 $n = 120 \cdot f / p$ olduğunu biliyoruz.
 50 ve 60 Hz frekanslarındaki hızları oranlayalım:
 $n_{60} = 120 \times 60 / p$ ve $n_{50} = 120 \times 50 / p$ olduğundan,
 $n_{50} / n_{60} = 50 / 60 = 0,83$ olacaktır.
 Yani motor tasarlandığı devir sayısına göre %17 daha düşük bir hızda dönecektir.

SORU 7: Üç fazlı 16 kW/415 V bir motorun tam yükteki güç faktörü 0,8'dir.

- Bu motor tam yükte kaç amper akım çeker?
- Bu motorun çekeceği reaktif güç kaç kVAR'dır?
- Motorun görünen gücü kaç kVA'dır? Hesaplayınız.

YANIT:

- $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi$ formülünde bilinenleri yerine koyarsak;
 $16000 = \sqrt{3} \times 415 \times I \times 0,8$ yazabiliriz. Buna göre motorun akımını
 $I = 16000 / (1,732 \times 0,8 \times 415) = 16000 / 575 = 27,82$ A olarak hesaplarız.
- $P = 16$ kW ve $\cos\phi = 0,8$ olduğuna göre;
 $P = S \cdot \cos\phi$ formülünden, motorun görünen gücünü
 $S = P / \cos\phi = 16 / 0,8 = 20$ kVA olarak hesaplayabiliriz.
 Reaktif güç $Q = S \cdot \sin\phi$ formülü ile hesaplanır.
 $\cos\phi = 0,8$ ise $\sin\phi$ nin kaç olduğunu hesaplarsak reaktif gücü bulabiliriz.
 $\sin^2\phi + \cos^2\phi = 1$ dir. Öyleyse $\sin^2\phi = 1 - \cos^2\phi$ yazabiliriz.
 $\sin^2\phi = 1 - 0,8^2 = 1 - 0,64 = 0,36 \Rightarrow \sin\phi = 0,6$ olarak hesaplanır.
 $Q = S \cdot \sin\phi = 20 \times 0,6 = 12$ kVAR olarak bulunur.
- Motorun görünen gücü yukarıda hesaplanmış ve
 $S = P / \cos\phi = 16 / 0,8 = 20$ kVA olarak bulunmuştur.

SORU 8: Aşağıda etiketi gösterilen motor;

- Bizim şebekemizde nasıl çalıştırılabilir?
- Devir sayısında değişiklik olur mu? Neden?



YANIT:

- a) Sözkonusu $\frac{1}{2}$ HP gücündeki motor fazarası gerilimi 120 V olan şebekede çalıştırılmak üzere tasarlanmıştır. Bu motoru bizim şebekemizde 240/120 V dönüştürme oranı olan bir trafo aracılığı ile çalıştırmamız gerekir.
- b) Motor 60 Hz frekans için tasarlanmıştır.
 $n_s = 120.f/p$ formülüne göre frekans 60 Hz iken devir sayısı 1725 dir. Eğer frekans azaltılacak olursa (şebekemizin frekansı 50 olduğuna göre) devir sayısı da azalacaktır.

SORU 9:

Tek fazlı daimi kondansatörlü (kondansatör çalıştırmalı) bir su motoruna elektrik akımı verilmiş ve yol almadığı, motor milinin titreşim yaptığı halde dönmediği görülmüştür.

- a) Bu arıza ne olabilir?
- b) Nasıl teşhis konulur?
- c) Bu arıza nasıl giderilebilir?

YANIT:

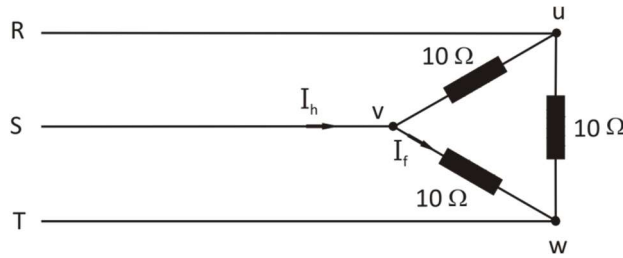
- a) Motor mili titreşim yaptığına göre elektrik akımının motor içerisinde görev yapmakta olduğu anlaşılır. Tek fazlı motorun elektrik verildikten sonra kendi kendine dönebilmesi için ana ve yardımcı sargıların meydana getirdikleri manyetik alanlar arasında faz farkının yaratılmış olması gerekir ve bu da genellikle kondansatörle sağlanır. Motor dönemiyorsa ilk akla gelen kondansatörün arızalanmış olmasıdır.
- b) Motorun milini elimizle çevirdiğimizde motor çevirdiğimiz yönde dönmeye başlarsa arıza kondansatördedir demektir.
- c) Motor bağlantı kutusu açılır ve içerisindeki kondansatör yenisi ile değiştirilir.

SORU 10:

Üçgen bağlı bir motorun her bir sargısının empedansı 10Ω olarak ölçülmüştür. Motor çalışır durumda iken şebekenin R fazı eksilirse, sargıların çekeceği akımları oranlayınız.

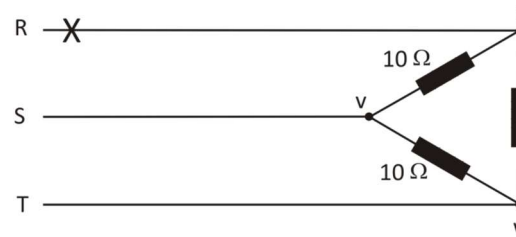
YANIT:

Motorun normal koşullar altında çalışmasını aşağıdaki gibi basit bir çizimle gösterebiliriz:

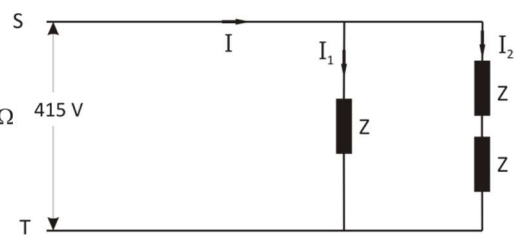


Şekil 1 – Normal durum

R fazı eksilecek olursa v-w sargısına S-T gerilimi (415 V) uygulanmaya devam ederken aynı gerilim u-v ve u-w sargılarının ikisine birden uygulanacaktır. Sargı dirençleri aynı olduğundan yeni durumu daha anlaşılır bir şekilde aşağıdaki gibi ifade edebiliriz:



Şekil 2 – R fazı eksik



Şekil 3 – Basit şema

Normal koşullar altında motor çalışırken fazlardan biri eksilecek olursa, sargı akımlarında dengesizlik meydana gelir. Motorun taşıdığı yük, faz eksildiğinde de taşınmaya devam edilecektir.

Burada yalnızca motor sargılarının empedansları ve bağlantı durumlarına göre akımları göz önüne alınacaktır.

Tam yükte çalışma durumunu ele alırsak, normal koşullarda çalışmada motoru besleyen her faz iletkeninin akımı $I_h = \sqrt{3} \cdot U/Z$, her sargının akımı $I_f = U/Z$ ve çekilen toplam güç ise

$$S_{m1} = \sqrt{3} U \cdot I_h \text{ dir. (Şekil-1)}$$

Faz eksilmesi halinde yalnızca 2 faz üzerine kalan sargılar üzerinden akan I_1 ve I_2 akımları aynı gerilimin akıttığı akımlardır. (Şekil-3)

$$I_1 = U/Z \text{ ve } I_2 = U/2Z \text{ yazılabilir. Buna göre } I_1/I_2 = 2 \text{ ve } I = \frac{3}{2} I_1 = 3 I_2 \text{ olacaktır.}$$

Faz eksikliği durumunda devrenin gücü $S_{m2} = U \cdot I$ olacaktır.

Aynı yük taşınmaya devam edileceğinden (dolayısıyla çekilen güç aynı kalacağından);

$$S_{m1} = S_{m2} \text{ ve dolayısıyla } \sqrt{3} \cdot U \cdot I_h = U \cdot I \text{ yazılabilir. Buna göre } I = \sqrt{3} \cdot I_h \text{ olur.}$$

Yani faz eksikliği durumunda sağlam olan S ve T fazlarından çekilen akım, normal durumda her faz iletkeninden çekilen akımın $\sqrt{3}$ katı olur. Motor devresinin sigortasından ve termiğinden geçen akımın 1,73 katına çıkması bir süre sonra devrenin açılmasına neden olabilir.

Arıza durumunda sargıların akımlarını hesaplayalım:

$$I_1 = \frac{2}{3} \cdot I = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{3} \cdot I_h = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot I_h = 1,154 I_h \text{ olacaktır.}$$

$$I_2 = \frac{1}{3} \cdot I = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{3} \cdot I_h = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot I_h = 0,577 I_h \text{ olacaktır.}$$

Yani v-w sargısı normal duruma göre %15,4 daha fazla akım çekecektir. Uzun süre böyle çalışmaya devam edecek olursa sargı yanabilir.

Sonuç olarak motor çalışırken bir fazın eksilmesi durumunda sargıların akımlarında artışlar olur. Akımlardaki bu artış nedeniyle aşırı akıma karşı koruyucu elemanlar devreyi açabilir veya aşırı ısınma nedeniyle sağlam fazlar arasında kalan sargı yanabilir.

Motor kapasitesinin altında çalıştırılıyor ise akımlardaki bu artış tehlikeli boyutlara ulaşmayabilir.

Faz eksilmesi ve motorlar hakkında genel bilgi olarak şunu söyleyebiliriz:

Küçük güçteki motorlarda (< 15 kW) bir fazın eksilmesi kısa sürede aşırı ısınma yaratmaz. Bu durumda, motorun çektiği akım ve statordaki ısı artacağından, termik veya termistör ve hatta sigorta görev yaparak devreyi açar. Ancak açma süresi biraz gecikmelidir.

Oysa, büyük güçteki motorlarda (≥ 15 kW) bir fazın kesilmesi halinde stator sargılarının sıcaklığı, çok kısa sürede izin verilen nominal sıcaklığı geçer. Bu tip motorlar mutlaka faz eksilmesine karşı koruma altına alınmalıdırlar.

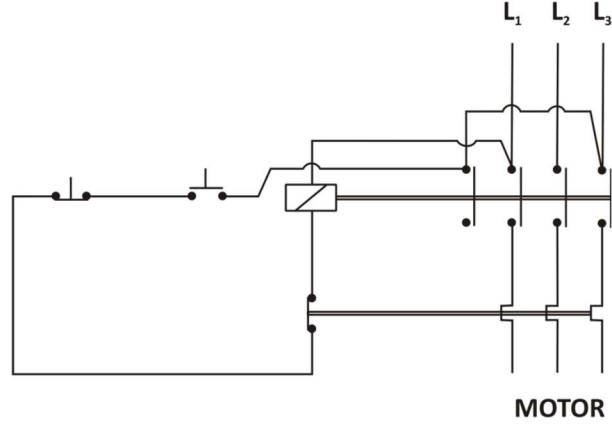
SORU 11: 4 kutuplu bir motorda kayma 0,02 ve 50 Hz frekans için;

- Senkron hız $n_s = ?$
- Rotor hızı $n_r = ?$
- Aynı motor 60 Hz'lik şebekede çalıştırılır ise motorun senkron hızı ve rotor hızı ne olacaktır?

YANIT:

- $p = 4$, $s = 0,02$ ve $f = 50$ Hz olduğuna göre $n_s = 120 \cdot f / p$ formülü ile senkron hızı hesaplayabiliriz.
 $n_s = 120 \times 50 / 4 = 1500$ devir/dakika dır.
- $n_r = (1-s) \cdot n_s$ formülü ile rotor hızını hesaplayabiliriz.
 $n_r = (1-0,02) \times 1500 = 1470$ devir/dakika dır.
- Aynı motor 60 Hz şebekede çalıştırılacak olursa;
 $n_s = 120 \times 60 / 4 = 1800$ devir/dakika ve,
 $n_r = (1-0,02) \times 1800 = 1764$ devir/dakika olacaktır.

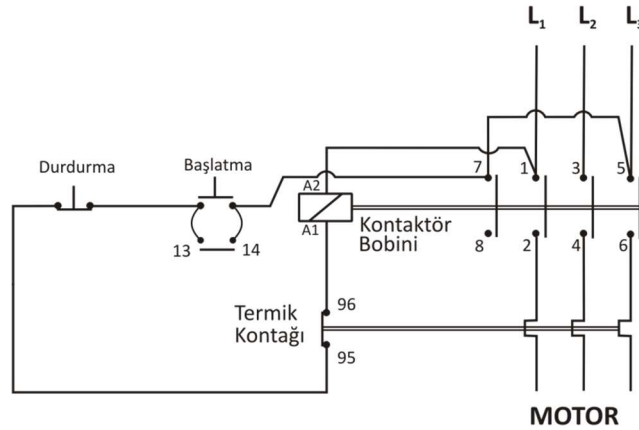
SORU 12: Aşağıda DOL starter ile yol alan bir motorun güç ve kumanda devreleri birlikte verilmektedir.



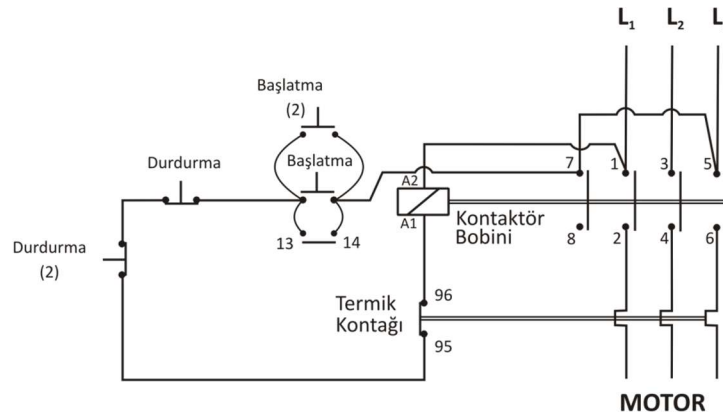
- Başlatma, durdurma, termik kontağı ve kontaktör bobinini belirtiniz ve devreyi kodlayınız.
- Starterin normal çalışabilmesi için eksik bırakılan bağlantıyı çiziniz.
- Devreye ikinci bir başlatma ve durdurma butonu ekleyiniz.
- Kontaktör bobininin çalışma gerilimi kaç voltur?

YANIT:

- İstenenler işaretlenmiş ve devre kodlanmış olarak aşağıdaki gibidir:



- Starterin normal çalışabilmesi için başlatma butonunun uçlarına kontaktörün normalde açık kontağı (13-14) eklenmiştir. Üstteki şekilde görülmektedir.
- Başlatma butonları birbirlerine paralel, durdurma butonları ise birbirlerine seri olarak bağlanmalıdır. Yeni butonlar eklenince devre aşağıdaki gibi olur:



- Kontaktör bobini L1-L3 fazları arasına bağlanmış olduğundan çalışma gerilimi 415 voltur.

- SORU 13:** a) Faz koruma rölesi nedir, nasıl kullanılır? Şema çizerek açıklayınız.
b) Sıvı seviye rölesi nedir, nasıl kullanılır? Şema çizerek açıklayınız.

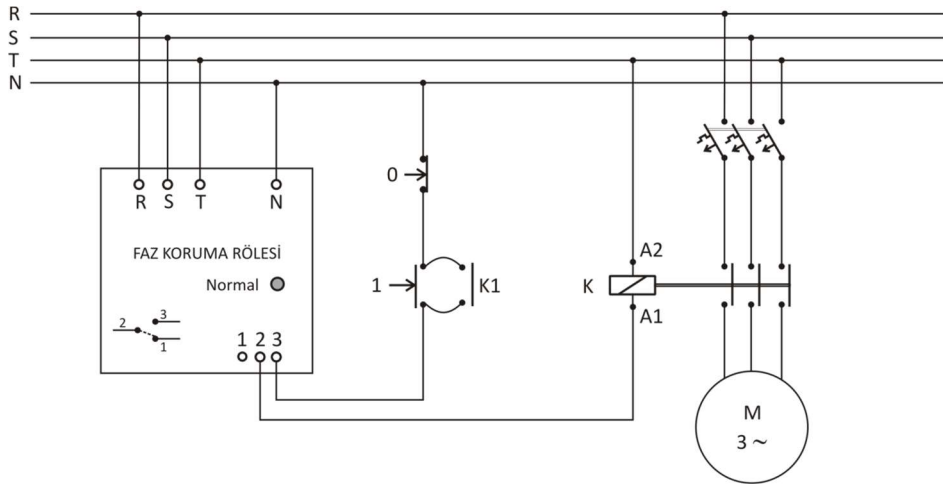
YANIT:

- a) Faz koruma rölesi, 3 fazlı motorların besleme devresinde herhangi bir fazın eksilmesi halinde motorun şebekeden yüksek akım çekerek çalışmasını ve dolayısıyla statorda aşırı ısınma meydana gelmesini ve motorun kısa sürede tamir edilemeyecek biçimde yanmasını önlemek için kullanılan, faz eksilmesi halinde motoru devreden çıkaran bir koruma elemanıdır. Motorun kumanda devresinde ana kontaktör bobinine seri olarak bağlanır.

Faz koruma rölesinin, faz eksilmesi haline ek olarak;

- i) Faz sırasının ters olması halinde görev yapan,
- ii) Fazarası gerilimlerde dengesizlik (%5-%25 fazla veya düşük) olması halinde görev yapan ve
- iii) Yukarıdakilerin tümünü de sağlayan türleri de vardır.

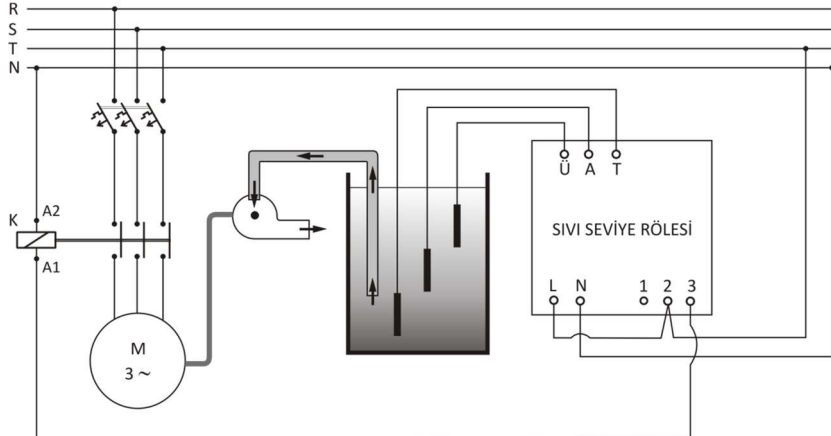
Faz koruma röleleri, motor devrelerinde kullanılabileceği gibi ayrıca üç fazlı devrelerde sigorta attığını duyurmak için de kullanılabilir. Örnek şema aşağıdadır:



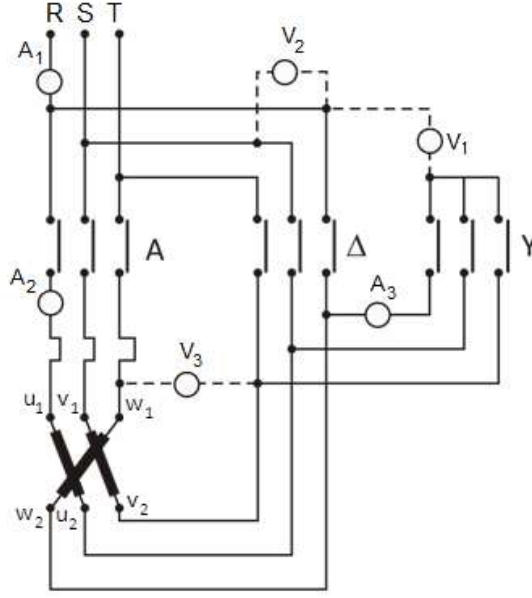
- b) Sıvı seviye rölesi endüstriyel tanklarda, su depolarında, buhar kazanlarında, artezyen kuyularında ve benzer işlerde pompa motorlarını kontrol etmek amacıyla kullanılır. Röle tank/depo/kuyu içerisine daldırılan 3 adet elektrod (probe) yardımıyla pompa motoruna kumanda ederek doldurma veya boşaltmayı sağlar.

Sıvıların çoğu iletkenidir ve gerilim uygulanırsa akımı iletir. Bu kumanda yönteminde bu özellikten yararlanılır. 0-24 V arasında düşük gerilim uygulanan elektrodlar sıvıya daldırılmış durumda iseler akım geçecek ve fakat suya dokunmuyorsa akım geçmeyecektir.

Çok çeşitli sıvı seviye kontrol rölesi ve bağlantı devresi vardır. Aşağıya depo (tank) boşaltmaya ilişkin örnek bir devre çizilmiştir.



SORU 14: Altteki şekil bir motora Y-Δ yol verme yönteminin güç devresini göstermektedir.



Bu motorun gerilimi 415 V, gücü 4 kW ve $\cos\phi=0,85$ dir. Motor 10 sn içerisinde normal devri olan 1450 d/d'ya ulaşmaktadır. Motorun başlangıç akımı, nominal akımının 1,8 katıdır.

- Motoru yol verme anında (Start'a basıldığı anda) A_1 , A_2 ve A_3 ampermetreleri ile V_1 , V_2 ve V_3 voltmetrelerinin göstereceği değerler ne olacaktır?
- Motor yol aldıktan sonra (10 sn sonra) A_1 , A_2 ve A_3 ampermetreleri ile V_1 , V_2 ve V_3 voltmetrelerinin göstereceği değerler ne olacaktır? Açıklayınız.

YANIT:

- $U=415$ V, $P=4$ kW=4000 W ve $\cos\phi=0,85$ olduğuna göre motorun nominal akımını hesaplayalım.

$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi$ formülünde bilinenleri yerine koyarsak:

$$4000 = 1,732 \times 415 \times I \times 0,85 = 610,96 \times I$$

$$I = 4000/610,96 = 6,54 \text{ A bulunur.}$$

Motor sargıları yol alma sırasında yıldız bağlıdır. Bu nedenle başlangıç süresince A_1 , A_2 ve A_3 ampermetreleri aynı akımı okuyacaklardır.

Motorun başlangıç akımı (başlangıç anında şebekeden çektiği akım) nominal akımının 1,8 katı olduğuna göre A_1 , A_2 ve A_3 ampermetreleri $1,8 \times 6,54 = 11,77 \text{ A}$ göstereceklerdir.

Yol verme anında yıldız kontaktör kapalı fakat üçgen kontaktör açıktır. Devreyi iyi takip edersek:

- V_1 voltmetresinin yıldız noktası ile R fazı arasındaki gerilim (yani 240 V) değerini,
- V_2 voltmetresinin R-S fazları arasındaki gerilim (yani 415 V) değerini ve
- V_3 voltmetresinin S-T fazları arasındaki gerilim (yani 415 V) değerini göstereceğini anlayabiliriz.

- Motor yol aldıktan (yıldız kontaktör açılıp üçgen kontaktör kapandıktan) sonra şebekeden nominal akımı çekmeye başlayacaktır.

- A_1 ampermetresi şebekeden çekilen akımı (motorun nominal akımını) yani 6,54A değerini gösterecektir.
- A_2 ampermetresi ana kontaktörden sonra bağlanmış olup üçgen bağlı sargının akımını gösterecektir. Bu akım nominal akımdan küçük ve $6,54/\sqrt{3} = 3,77 \text{ A}$ dir.
- A_3 ampermetresi, yıldız kontaktör açık olduğu için sıfır değerini gösterecektir.

Motor yol aldıktan sonra üçgen kontaktör kapalı fakat yıldız kontaktör açıktır. Devreyi iyi takip edersek:

- V_1 voltmetresinin yıldız noktası ile R fazı arasındaki gerilim (yani sıfır) değerini,
- V_2 voltmetresinin R-S fazları arasındaki gerilim (yani 415 V) değerini ve

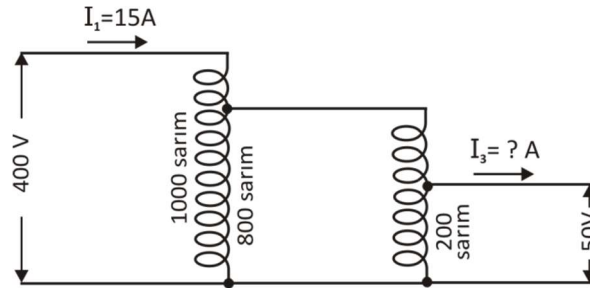
- V_3 voltmetresinin S-T fazları arasındaki gerilim (yani 415 V) değerini göstereceğini anlayabiliriz.

SORU 15: Bir ototrafonun çıkışına 2. bir ototrafo bağlanarak bir devre oluşturulmuştur. Aşağıdaki değerler göz önünde tutarak istenenleri hesaplayınız. (Trafo kayıpları ihmal edilecektir)

- 1. ototrafonun primer uçlarındaki gerilim 400 voltur.
 - 2. ototrafonun sekonder uçlarından 50 volt ölçülmüştür.
 - 1. ototrafonun primer siper (sarım) sayısı 1000, sekonder siper sayısı 800 dür.
 - 2. ototrafonun sekonder siper sayısı 200 dür.
 - 1. ototrafonun primer sargısından akan akım 15 A olarak ölçülmüştür.
- a) 2. ototrafonun primer siper sayısı kaçtır?
- b) 2. ototrafonun sekonder sargısından akan akım nedir
- c) 2. ototrafonun sekonder sargısına 110 V uygulanırsa 1. ototrafonun primer sargısından kaç volt okunur?

YANIT:

Öncelikle devreyi çizelim.



- a) Ototrafolarla sarım sayıları ile gerilim arasında şu bağlantı vardır:

$$U_{n2} \cdot n_1 = U_{n1} \cdot n_2$$

Buna göre, **1. ototrafonun** çıkış gerilimini hesaplayalım:

$n_1=1000$, $n_2=800$ ve $U_1=U_{n1}=400$ V olduğuna göre;

$$U_{n2} = \frac{n_2 \cdot U_{n1}}{n_1} = \frac{800 \times 400}{1000} = 320 \text{ V olarak hesaplanır.}$$

Birinci ototrafonun çıkış gerilimi , aynı zamanda ikinci ototrafonun giriş gerilimidir. İkinci ototrafonun çıkış gerilimi 50 V olduğuna göre aynı formülü ikinci ototrafo için uygularsak, ikinci ototrafonun primer (giriş) sarım sayısını;

$$n_1 = \frac{n_2 \cdot U_{n1}}{U_{n2}} = \frac{200 \times 320}{50} = 1280 \text{ olarak hesaplarız.}$$

- b) Sargı kayıplarını gözardı edecek olursak trafoların giriş ve çıkış güçlerinin eşit olması gerekir.

Birinci ototrafonun (devrenin) giriş gücü $S = U \cdot I = 400 \times 15 = 6000$ VA dır.

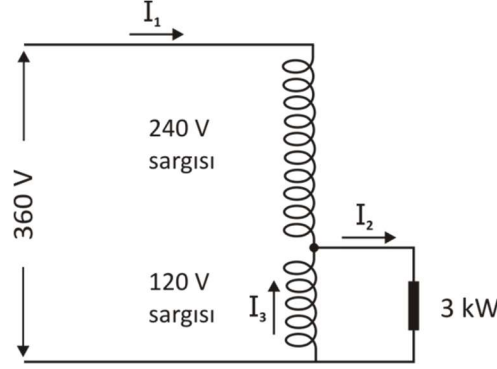
Devrenin çıkış gücü (ikinci trafonun çıkış gücü) de 6000 VA olmalıdır. Bu duruma göre ikinci ototrafonun sekonder sargısından akan akım;

$$I_3 = S/U_3 = 6000/50 = 120 \text{ A olmalıdır.}$$

- c) Giriş gerilimi 400 V ve çıkış gerilimi 50 V olduğuna göre devrenin gerilim dönüştürme oranı $400/50=8$ dir.

İkinci trafonun sekonder sargısına 110 V uygularsak birinci, ototrafonun primer (giriş) sargısından 8 katı yüksek yani $8 \times 110=880$ V gerilim alınacaktır.

- SORU 16:** a) 240 V/120 V, 5 kVA çift sargılı tek fazlı bir trafonun tam yükte iken primer ve sekonder akımlarını hesaplayınız.
- b) Sekondere 3 kW/120 V'luk bir ısıtıcı ($\cos\phi=1$) bağlanırsa primer ve sekonder akımlarını hesaplayınız.
- c) Bu çift sargılı trafonun sargıları aşağıdaki şekilde bir oto-trafo şeklinde yeniden bağlanıyor. Sargıların hepsine birden 360 V gerilim uygulanırken 120 V sargısı üzerine de 3 kW/120 V'luk bir ısıtıcı ($\cos\phi=1$) bağlanırsa I_1 , I_2 ve I_3 akımlarını hesaplayınız.



YANIT:

- a) Bilindiği gibi güç formülü $S = U \cdot I$ dir.
Trafonun kayıplarını ihmal edecek olursak giriş ve çıkış yükleri eşit olur. Tam yükte bu değer 5 kVA'dır.
Giriş (primer) gerilimi 240 V olduğu için giriş akımı $I_1 = S/U_1 = 5000/240 = 20,83$ A ve
Çıkış (sekonder) gerilimi 120 V olduğu için çıkış akımı $I_2 = S/U_2 = 5000/120 = 41,66$ A olacaktır.
- b) Sekondere 3 kW/120 V ısıtıcı bağlanırsa, $\cos\phi=1$ olduğundan 3 kVA olarak işlem yapılarak;
Giriş akımı $I_1 = S/U_1 = 3000/240 = 12,5$ A,
Çıkış akımı $I_2 = S/U_2 = 3000/120 = 25$ A olarak hesaplanır.
- c) n_1 : primer sarım sayısı ve n_2 : sekonder sarım sayısı olmak üzere trafolar için genel denklem olarak $n_1/n_2 = U_1/U_2$ yazılabilir.
240/120 V trafo için $n_1/n_2 = 240/120 = 2$ dir. Buna göre $n_1 = 2n_2$ dir.
Trafonun sargıları şekildeki gibi bağlanacak olursa (ototrafo bağlantısı) 360 V gerilim, toplamda $3n_2$ sarım sayısı üzerine uygulanmış olacaktır.
Bu durumda 360 V gerilimin 1/3 ü 120 V sargısı üzerinde olacaktır.
3 kW/120 V'luk bir ısıtıcı 120 V sargısı üzerine bağlanmıştır. Isıtıcı nominal gerilimi altında çalıştırılıyor olacağından çekeceği akım $I_2 = 3000/120 = 25$ A olacaktır.
Ototrafoda akım yönleri şekilde gösterildiği gibidir. Buna göre;
 $I_2 = I_1 + I_3$ olarak yazılabilir.
Ototrafonun giriş ve çıkış güçleri eşit olmalıdır. Kayıpları ihmal ederek hesap yapıyoruz.
Çıkış gücü 3 kW ($\cos\phi=1$) olarak verildiğine göre trafonun giriş akımı:
 $I_1 = S/U_1 = 3000/360 = 8,33$ A olacaktır.
Bu durumda 120V sargısı üzerinden akan akım da;
 $I_3 = I_2 - I_1 = 25 - 8,33 = 16,67$ A olacaktır.

SORU 17: Bir evden 250 metre uzaklıkta olup 10 A akım çeken bir dalgıç pompa için $3 \times 10 \text{ mm}^2$ NYY kablo kullanılacaktır. Bu kablonun gerilim düşümü katsayısı $4 \text{ mV}/(\text{A.m})$ olarak veriliyor.

- Evdeki gerilim 240 V ise dalgıcın uçlarındaki gerilim kaç volt olur?
- Seçilmiş olan bu kablo, iç tesisat gerilim düşümü kurallarına göre uygun mudur? Neden?

YANIT:

- Gerilim düşümü $\Delta U = g \cdot L \cdot I$ formülü ile hesaplanır. Formülde bilinenleri yerlerine koyarsak gerilim düşümünü;

$$\Delta U = 4 \times 250 \times 10 = 10000 \text{ mV} = 10 \text{ V} \text{ olarak buluruz.}$$

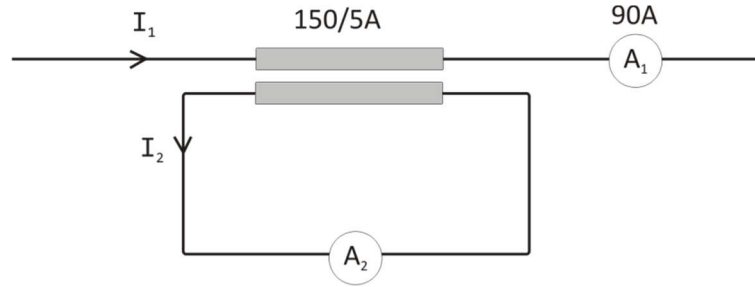
Evdeki gerilim 240V ise dalgıcın uçlarındaki gerilim $240 - 10 = 230 \text{ V}$ olacaktır.

- İç tesisatta toplam gerilim düşümü %2,5'i aşmamalıdır. 240 V gerilim için bu değer $240 \times 2,5 / 100 = 6 \text{ V}$ olmalıdır.

Yukarıda yaptığımız hesaplamada gerilim düşümünü 10 V olarak bulmuştuk. Bu değer izin verilenden daha büyük olduğu için kullanılan kablo uygun değildir.

%2,5 gerilim düşümü koşulunu sağlayacak daha büyük kesitli bir kablo kullanılması gerekir.

- SORU 18:**
- Aşağıdaki akım trafolu devrede A_1 ampermetresi 90 amper gösterirken A_2 ampermetresi kaç amper gösterecektir?
 - Bu akımlar akarken A_2 ampermetresine bağlı uçlar çözülür ve açık tutulursa ne olur?



YANIT:

- Akım trafosunun dönüştürme oranı $k = 150/5 = 30$ dur. Yani akım trafosunun primerinden (girişinden) 150 A aktığı zaman sekonderde (çıkışında) 5 A akım akacaktır. Buna göre A_1 ampermetresi (primer) 90 A gösteriyorsa A_2 ampermetresi $90/30 = 3 \text{ A}$ gösterecektir.
- Akım trafoları asla sekonderi açık durumda çalıştırılmamalıdır. Bu akımlar akarken A_2 ampermetresine bağlı uçlar çözülür ve açık tutulursa, akım trafosunun sekonder tarafında aşırı gerilim endükleneceğinden akım trafosu yanacaktır. Akım trafolarının sekonder uçları birbirleriyle kısa devre durumunda bırakılabilir fakat asla açık devre yapılmamalıdır.

SORU 19: 8 kutuplu 900 devir/dakika dönme hızı olan bir jeneratörün ürettiği gerilimin frekansı kaç Hertz'dir?

YANIT:

Motor ve jeneratörlerde dönme hızı, kutup sayısı ve frekansı arasında aşağıdaki bağlantı vardır:

$$n_s = 120 \cdot f / p$$

Bilinenler yerine konursa üretilen gerilimin frekansı:

$$f = n_s \cdot p / 120 = 900 \times 8 / 120 = 60 \text{ Hz} \text{ olacaktır.}$$

SORU 20: 11 kV şebekeden uzakta bir su kuyusuna 20 kW'lık (Etiket değerleri: 400 V/50 Hz/3 Faz - $\cos\phi=0,65$) bir motor monte edilmiş olup bu motor 50 kW'lık bir jeneratörle çalıştırılmaktadır. Jeneratör-Motor arasındaki 4x10 mm² kablounun uzunluğu 50 metredir. Jeneratör 3 fazlı olup her fazda 230 V gerilim üretmektedir.

- Motorun kVA cinsinden gücü nedir?
- Motorun jeneratörden çekeceği akım ne kadardır?
- Motor çalışırken uçlarındaki gerilim ne kadar olacaktır? (Kablonun 3 faz için gerilim düşümü katsayısı 3,5 mV/(A.m) dir.)
- Güç katsayısı 0,95 olan aynı güçte bir motor kullanılmış olsa idi motorun çekeceği akım ne kadar olacaktı?

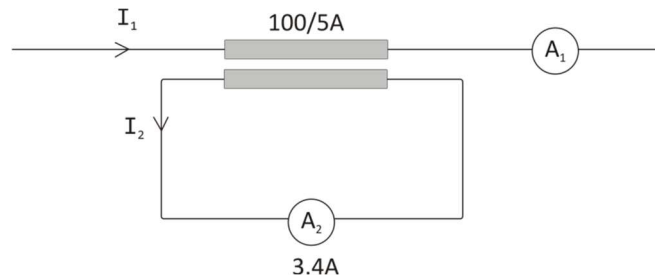
YANIT:

- $P = 20\text{ kW}$ ve $\cos\phi=0,65$ olduğuna göre;
 $P = S \cdot \cos\phi \Rightarrow S = P / \cos\phi = 20 / 0,65 = 30,77 \text{ kVA}$ olur.
- 3 fazlı devrelerde güç $S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$ formülü ile hesaplanır.
 Jeneratörün faz-nötür gerilimi 230 V olduğuna göre faz-faz gerilimi $\sqrt{3} \times 230 = 400 \text{ V}$ dur.
 Yani motor tasarlandığı gerilimde çalıştırılacaktır.
 Buna göre motorun çekeceği akımı,

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{30770}{1,732 \times 400} = \frac{30770}{692,8} = 44,41 \text{ A}$$
 olarak hesaplarız.
- Kablonun uzunluğu 50 metre ve gerilim düşümü katsayısı $g = 3,5 \text{ mV}/(\text{A.m})$ olduğuna göre, motorun uçlarına kadar gerilim düşümü,
 $\Delta U = g \cdot L \cdot I = 3,5 \times 50 \times 44,41 = 7771,75 \text{ mV} \cong 7,8 \text{ V}$ olacaktır.
 Bu durumda motor uçlarındaki gerilim $400 - 7,8 = 392,2 \text{ V}$ olacaktır.
- Güç katsayısı 0,95 olan bir motor kullanılmış olsaydı,
 $S = P / \cos\phi = 20 / 0,95 = 21,05 \text{ kVA}$ ve

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{21050}{1,732 \times 400} = \frac{21050}{692,8} = 30,38 \text{ A}$$
 olacaktı.

- SORU 21:**
- Aşağıdaki akım trafolu devrede A_2 ampermetresi 3,4 amper gösterirken A_1 ampermetresi kaç amper gösterecektir?
 - Bu akımlar akarken A_2 ampermetresine bağlı uçlar çözülür ve açık tutulursa ne olur?



YANIT:

- Akım trafosunun dönüştürme oranı $k = 100/5 = 20$ dir. Yani akım trafosunun primerinden (girişinden) 100 A aktığı zaman sekonderde (çıkışında) 5 A akım akacaktır. Ters düşünülürse sekonderden 1 A akım aktığında primerden 20 A akım akıyor demektir.
 Buna göre A_2 ampermetresi (sekonder) 3,4 A gösteriyorsa A_1 ampermetresi $3,4 \times 20 = 68 \text{ A}$ gösterecektir.
- Akım trafoları asla sekonderi açık durumda çalıştırılmamalıdır. Bu akımlar akarken A_2 ampermetresine bağlı uçlar çözülür ve açık tutulursa, akım trafosunun sekonder tarafında aşırı gerilim endükleneceğinden akım trafosu yanacaktır.

Akım trafolarının sekonder uçları birbirleriyle kısa devre durumunda bırakılabilir fakat asla açık devre yapılmamalıdır.

SORU 22: $P=30$ kW, $\cos\phi=0,80$ olarak verilmiş olan üçgen bağlı bir motor;

- Şebekeden kaç Amper akım çeker.
- Şebekeden kaç kilovar reaktif güç çeker.
- Bu motoru kompanze edebilmek ($\cos\phi=1$ yapabilmek) için kaç mikrofaradlık kondansatöre ihtiyaç vardır?

YANIT:

- $P=\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi$ formülüne göre güç hesabı yapıyoruz. Gücü ve gerilimi bildiğimize göre aynı formülden yararlanarak akımı hesaplayabiliriz.
 $I=P/(\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi)=30000/(\sqrt{3} \times 415 \times 0,80)=30000/575=52,17$ A
- $P=30$ kW, $\cos\phi=0,80$ olduğuna göre motorun görünür gücü $S=P/\cos\phi=30/0,8=37,5$ kVA dır.
 $\cos\phi=0,8$ ise $\sin\phi=0,6$ dır. Bu değeri trigonometrik cetvelden bulabiliriz veya;
 $\cos^2\phi+\sin^2\phi=1$ formülüne göre $\sin^2\phi=1-\cos^2\phi=1-0,64=0,36 \rightarrow \sin\phi=0,6$ olarak hesaplarız.
Reaktif güç $Q=S \cdot \sin\phi$ olduğuna göre motorun reaktif gücünü;
 $Q=37,5 \times 0,6=22,5$ kvar olarak hesaplarız.
- Kompanzasyon kondansatörleri için Farad yerine genellikle kilovar birimi kullanılır. Fakat soruda mikrofarad olarak hesaplama isteniyor. Bu hesap biraz karışık ve uzun işlemler yapılmasını gerektirir.
Kondansatörler alternatif akımda bir reaktans gibi etki yaparlar. Dairesel frekans $\omega=2 \cdot \pi \cdot f$ ve farad cinsinden kondansatör kapasitesi de C olduğuna göre ohm cinsinden kapasitif reaktans $X_c = \frac{1}{\omega \cdot C}$ dir.
 U gerilimine bağlanan bir kondansatörün çektiği kapasitif akım $I_c=U \cdot \omega \cdot C$ iken, Kondansatörün gücü de $Q_c=U \cdot I_c \cdot 10^{-3}=U^2 \cdot \omega \cdot C \cdot 10^{-3}$ (kVar) dır.
Motor 3 fazlı olduğu için kompanzasyon da 3 fazlı olmalıdır. Kompanzasyon amaçlı kondansatörlerimizi yıldız veya üçgen olarak bağlayabiliriz. Bağlantı şekline göre kondansatör kapasiteleri değişir. Üçgen bağlantı daha avantajlıdır.
 C_y ile yıldız bağlamada her faza bağlanan kondansatörün kapasitesini ve C_Δ ile üçgen bağlamada her faza bağlanan kondansatörün kapasitesini gösterirsek $C_y=3 \cdot C_\Delta$ dir. Yani aynı yükü kompanze etmek için yıldız bağlamada her bir faza bağladığımız kondansatörün kapasitesi üçgen bağlamadaki kondansatör kapasitesinin 3 katıdır.
Motorun reaktif yükünü 22,5 kvar olarak hesaplamıştık. Yani $Q_c=22,5$ kvar dır.
Üçgen bağlı kondansatörlerin her birine $22,5/3 = 7,5$ kvar düşmektedir.
 $Q_c = U \cdot I_c \cdot 10^{-3} \rightarrow 7,5 = 415 \cdot I_c \cdot 10^{-3} \rightarrow I_c = 7500/415 \rightarrow I_c = 18$ A olur.
 $X_c = U/I_c = 415/18 \rightarrow X_c = 23 \Omega$ ve
 $2 \cdot \pi \cdot f \cdot C = 1/X_c = 1/23 \rightarrow C = 1/(23 \times 2 \times 3,14 \times 50) = 1,3846 \cdot 10^{-4} \rightarrow C = 138,46 \cdot 10^{-6}$ Farad
Yani 138,46 mikrofarad kapasitesinde 3 adet kondansatörü üçgen bağlayarak kompanzasyon yapılırsa motor kompanze edilmiş olacaktır.

SORU 23: 100 kVA gücündeki bir trafo bir fabrikayı beslemektedir.

- Fabrikanın ortalama güç faktörü 0,6 ise fabrika bu trafodan kaç kW güç çekebilir?
- Bu fabrikaya kompanzasyon uygulanır ve güç faktörü 0,95'e yükseltirirse sistemin aktif güç kapasitesi % kaç artırılmış olur?

YANIT:

- $S = 100$ kVA ve $\cos\phi = 0,6$ olarak veriliyor.
 $P = S \cdot \cos\phi$ olduğuna göre fabrikanın aktif gücü en çok,
 $P = 100 \times 0,6 = 60$ kW olabilir.
- Bu fabrikaya kompanzasyon uygulanır ve güç faktörü 0,95'e yükseltirirse fabrikanın aktif gücü en çok,

$P = S \cdot \cos\phi = 100 \times 0,95 = 95 \text{ kW}$ 'a kadar artırılabilir.

Yani kompanzasyon yapmakla tesisin aktif güç kapasitesinde,

$95 \text{ kW} - 60 \text{ kW} = 35 \text{ kW}$ lık artış yapılmış olur.

Bu miktarı yüzdelik olarak, $(35/60) \times 100 = \%58$ olarak ifade edebiliriz.

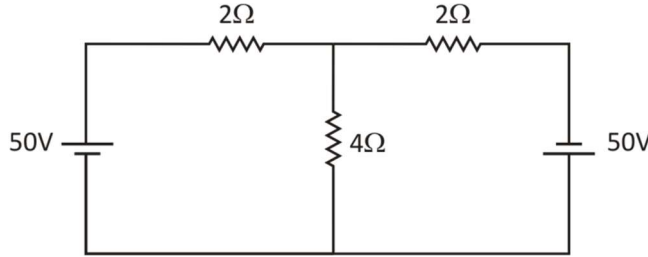
SORU 24: Ana kesicisi **1,6 kA** olan bir tesise, gücünün $2/3$ 'ü büyüklüğünde KIB-TEK kurallarına uygun olarak bir jeneratör monte edilmek istenmektedir.

- Buna göre change-over (transfer şalteri) kaç amper olmalıdır?
- Jeneratör gücü en az ne olmalıdır?

YANIT:

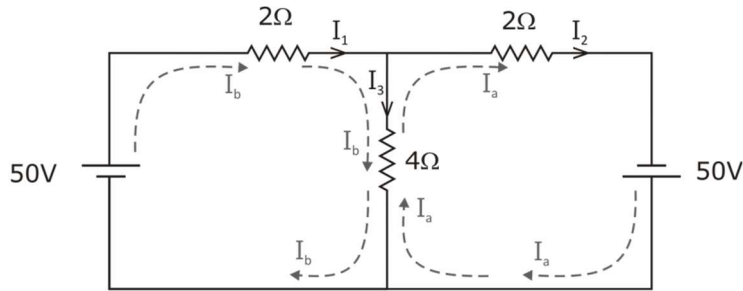
- Jeneratör-şebeke arasında duruma göre tercih yapan güç kaynağı değiştiricileri (transfer şalteri – change over) genellikle ana kesiciden sonra ve yük kesicisinden önce konulur. Transfer şalteri (change-over) tesisin en az ana kesicinin kapasitesinde (yani 1,6 kA) olmalıdır.
- Jeneratör, tesisin gücünün $2/3$ 'ü büyüklüğünde yani en az $1,6 \times 2/3 = 1,066 \text{ kA}$ olmalıdır. Standart akım değeri olarak 1000A yani 1kA seçilebilir. $I = 1 \text{ kA}$ olduğuna göre jeneratörün gücü en az $S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = 1,732 \times 415 \times 1 \cong 720 \text{ kVA}$ olmalıdır.

SORU 25: Şekildeki devrede 4Ω luk direnç üzerinden geçecek akımı hesaplayınız.



YANIT:

Devredeki her göz için çevre akımlarını çizersek, her iki üreticin de ikişer adet (2Ω ve 4Ω) direnç üzerinden akım aktıktıklarını görürüz. Bu durumda I_a ve I_b çevre akımlarının aynı büyüklükte olmaları gerektiğini de görürüz.



Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi;

$$I_a \cdot 4 + I_a \cdot 2 = 6. \quad I_a = 50 \quad \Rightarrow \quad I_a = 50/6$$

$$I_b \cdot 2 + I_b \cdot 4 = 6. \quad I_b = 50 \quad \Rightarrow \quad I_b = 50/6$$

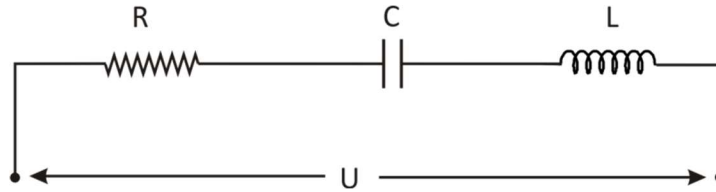
Yani $I_a = I_b$ dir.

Çevre akımları 4Ω luk direnç üzerinden birbirlerine ters yönde aktıklarından,

$$I_3 = I_b - I_a \text{ ve } \Rightarrow I_a = I_b \text{ olduğundan } I_3 = 0 \text{ olacaktır.}$$

Yani 4Ω luk direnç üzerinden akım akmayacaktır.

SORU 26: U gerilimi sabittir. Akımın frekansı artırılırsa devredeki elemanların empedanslarında nasıl bir değişim olur?



YANIT:

AC devrelerinde direncin eşdeğeri olarak “**empedans**” kavramı kullanılır. İçinde kondansatör ve endüktans gibi zamanla değişen değerlere sahip olan elemanlar olan devrelerde direnç yerine empedans kullanılmaktadır. Empedans, biri reel (gerçek) diğeri sanal iki kısımdan oluşan kompleks bir sayıdır.

Empedansın gerçek kısmı rezistans (direnç) ve sanal kısmı ise reaktans olarak adlandırılır.

Empedans = Direnç + j.Reaktans olarak yazılır ve $Z = R + j.X$ formülü ile gösterilir.

Kondansatörler ve selfler (endüktans) reaktans olarak ifade edilirler. Direnç değerleri R (reel) ve kapasitans ile endüktans değerleri de X (sanal) kısmına yazılırlar.

Endüktansın (self) için reaktans formülü $X_L = \omega L = 2\pi fL$ iken

Kapasitans (kondansatör) için reaktans formülü $X_C = 1/\omega C = 1/(2\pi fC)$ dir.

Burada;

ω : Açısal frekans

π : Sabit sayı (3,14159....)

f : Akımın frekansı (Hertz)

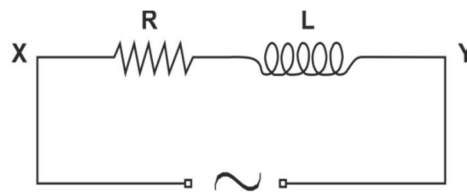
L : Endüktans (Henry)

C : Kapasitans (Farad) dır.

Devrede akımın frekansı artırılacak olursa:

- (i) Direncin empedansı yalnızca R değeridir ve frekansla ilişkili değildir. Dolayısıyla direncin empedansı değişmeyecektir.
- (ii) Kondansatörün empedansı, kapasitif reaktans değeri yani X_C dir.
 $X_C = 1/(2\pi fC)$ olduğuna göre frekansın artması durumunda payda büyüyecek ve dolayısıyla kondansatörün reaktansı (aynı zamanda empedansı) küçülecektir.
- (iii) Bobinin (self) empedansı, endüktif reaktans değeri yani X_L dir.
 $X_L = 2\pi fL$ olduğuna göre frekansın artması durumunda bobinin reaktansı (aynı zamanda empedansı) büyüyecektir.

SORU 27: Alttaki alternatif akım devresinde X-Y noktaları arasındaki etkin gerilim $V_e = 10$ Volt ve empedans $Z = 5 \Omega$ dur. Güç katsayısı $\cos \phi = 0,8$ olduğuna göre X-Y arasındaki ortalama güç kaç Wattır?



YANIT:

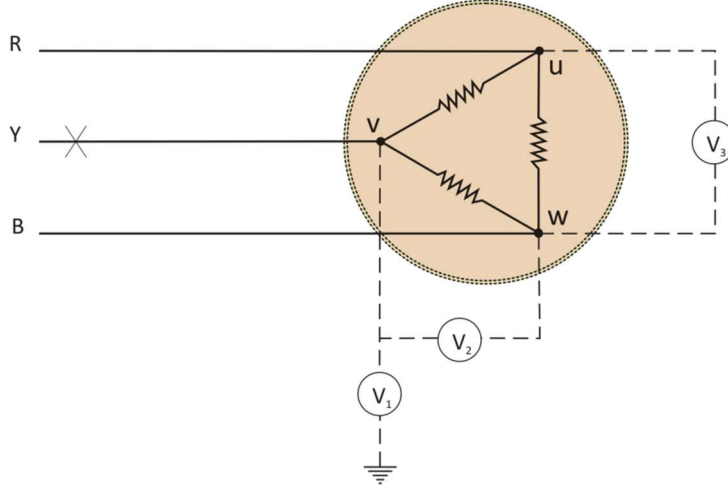
Direnç-self (bobin)-kondansatör karışımı devrelerde aktif gücü (watt) direnç elemanları çeker.

Kaynağın gerilimi $V_e = 10$ Volt ve devrenin empedansı $Z = 5 \Omega$ olduğuna göre direnç ve self elemanları üzerinden $I = V_e/Z = 10/5 = 2$ A akım akacaktır.

Görünür güç $S = V_e.I = 10 \times 2 = 20$ VA olacaktır.

Watt cinsinden devre gücü (aktif güç) ise $S \cdot \cos \phi = 20 \times 0,8 = 16$ W dır.

SORU 28: 3 fazlı üçgen bağlı bir motor çalışırken Y fazı eksiliyor. Şekilde gösterilen noktalara bağlanan V_1 , V_2 ve V_3 voltmetrelerinin gösterecekleri değerleri yazınız.



YANIT:

Üçgen bağlı motorun her sargısına normal koşullarda faz arası gerilim (415 V) uygulanır. Soruda Y fazının eksildiğinden söz ediliyor. Buna göre, R ve B fazları normal gerilim değerlerinde bulunduğuundan **u-w sargısı** 415 V gerilim almaya devam edecek ve fakat **u-v** ile **v-w** sargıları 415 V gerilimi paylaşacaklardır.

Bütün sargılar aynı özellikte olduğundan gerilim iki sargı arasında eşit olarak bölünecektir. Bu nedenle;

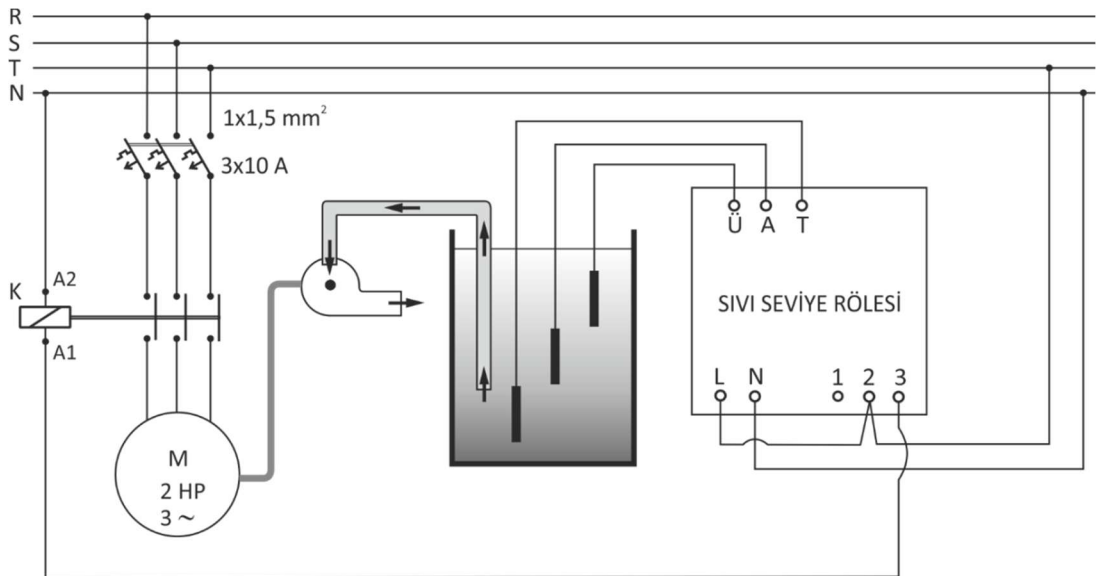
V_1 ampermetresi (v-toprak arası) : $415/(2 \cdot \sqrt{3}) = 119,8 \text{ V}$

V_2 ampermetresi (v-w sargısı) : $415/2 = 207,5 \text{ V}$ ve

V_3 ampermetresi (u-w sargısı) : 415 V gösterecektir.

SORU 29: 2 HP, 3 Faz, Y415 V değerleri verilen dalgıç pompanın su seviye elektrodları ile kontrollü çalışması için gerekli devreyi kurunuz.

YANIT:



SORU 30: 11/0,433 kV Δ/Y trafonun çıkışında ölçülen fazarası gerilimler 415 V olarak okunmuştur. Trafonun dengesiz yükleri aşağıdaki gibidir:
R-N: 5 Ω, Y-N: 10 Ω, B-N: 30 Ω
Bu duruma göre trafonun nötür hattından geçecek olan akım ne kadardır?

YANIT:

Bu sorunun yanıtı, 120° lik faz farkı gözönüne alınarak akımların vektörel toplamaları ile bulunabildiği gibi aşağıdaki formül ile de hesaplanabilir:

$$I_N^2 = I_R^2 + I_S^2 + I_T^2 - I_R \cdot I_S - I_R \cdot I_T - I_S \cdot I_T$$

$$I_R = 240/5 = 48 \text{ A}, \quad I_S = 240/10 = 24 \text{ A ve} \quad I_T = 240/30 = 8 \text{ A olduğuna göre,}$$

$$I_N^2 = 48^2 + 24^2 + 8^2 - 48 \times 24 - 48 \times 8 - 24 \times 8$$

$$I_N^2 = 2304 + 576 + 64 - 1152 - 384 - 192 = 1216$$

$$I_N = \sqrt{1216} = 34,87 \text{ A olarak hesaplanır.}$$

SORU 31: 1 kVA çıkış gücündeki tek faz bir izolasyon trafosunun nominal giriş gerilimi 230 V ve verimi %95 olarak verilmiştir.

- Trafonun tam yükte şebekeden çektiği akım kaç amperdir?
- Trafonun tam yükteki kaybı kaç VA dir?

YANIT:

- Trafonun verimi (η) = 0,95 olduğuna göre tam yükte ($S_2 = 1 \text{ kVA}$ çıkış gücünde) şebekeden çekilen yük;

$$S_2 = \eta \cdot S_1 \Rightarrow S_1 = S_2 / \eta$$

$$S_1 = 1/0,95 = 1,052 \text{ kVA} = 1052 \text{ VA dir.}$$

Bu değere göre şebekeden (trafonun nominal geriliminde) çekilen akımı $I = S/U$ formülü ile;

$$I = 1052/230 = 4,57 \text{ A olarak hesaplarız.}$$

- Tam yükte giriş gücü 1052 VA ve çıkış gücü 1000 VA olduğuna göre kayıp gücü;
 $S_k = S_1 - S_2 = 1052 - 1000 = 52 \text{ VA}$ olarak bulunur.

SORU 32: Bir trafonun gerilim kademeleri aşağıdaki gibidir:

Primer (kV)	Sekonder (kV)
Kademe 1	12,0
Kademe 2	11,5
Kademe 3	11,0
Kademe 4	10,5
Kademe 5	10,0

- Kademe 2'de çalışırken sekonder tarafından 415 V okunuyorsa primer (giriş) gerilimi ne kadardır?
- Kademe 5'te giriş gerilimi 10,2 kV iken çıkışta faz-nötür gerilimi kaç volt olur?

YANIT:

- Kademe 2'de çalışırken trafonun dönüştürme oranı $k_2 = 11,5/0,4 = 28,75$ dir.
Buna göre, kademe 2'de çalışırken sekonder taraftan 415 V alınıyorsa primer taraftaki gerilim;

$$U_1 = k_2 \cdot U_2 = 28,75 \times 415 = 11931,25 \text{ volt} \cong 11,93 \text{ kV olacaktır.}$$

- Kademe 5'te çalışırken trafonun dönüştürme oranı $k_5 = 10/0,4 = 25$ dir.

Buna göre, kademe 5'te çalışırken giriş gerilimi 10,2 kV ise sekonder taraftaki gerilim;

$$U_1 = k_5 \cdot U_2 \Rightarrow U_2 = U_1 / k_5 = 10200/25 = 408 \text{ volt olacaktır.}$$

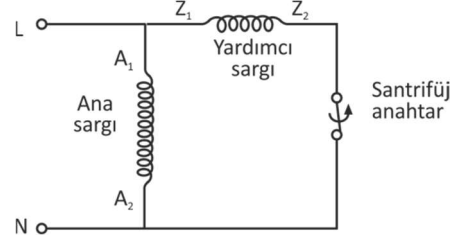
Hesaplanan bu değer fazlar arasındaki gerilim değeridir. Faz-nötür gerilimini de $408/\sqrt{3} = 235,56 \text{ volt}$ olarak hesaplarız.

SORU 33: $P=2 \text{ kW}$; $\cos\phi=0,85$ değerlerinde tek fazlı motor için aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır? Neden?

- Ana sargının uçları ters bağlanırsa rotor ters yönde döner.
- Yardımcı sargının uçları ters bağlanırsa rotor ters yönde döner.
- Motorun güç katsayısı ($\cos\phi$) daha büyük olsaydı şebekeden çekeceği akım azalacaktı.
- Motorun güç katsayısı ($\cos\phi$) daha büyük olsaydı görünen gücü daha küçük olacaktı.
- Motorun yardımcı sargısının iletken kesiti ana sargının iletken kesitinden büyüktür.

YANIT:

- Tek fazlı bir asenkron motorun ana sargısının uçları ters bağlanırsa (yani yardımcı sargı bağlantı noktasına A_1 değil de A_2 ucu bağlanırsa) döner manyetik alan normal bağlantıdakine göre ters yönde olacağından rotor normal çalışmaya göre ters yönde dönecektir. Yani bu şık doğrudur.
- Aynı şekilde bu asenkron motorun ana sargısının uçları ters bağlanırsa (yani ana sargı bağlantı noktasına Z_1 değil de Z_2 ucu bağlanırsa) döner manyetik alan normal bağlantıdakine göre ters yönde olacağından rotor normal çalışmaya göre ters yönde dönecektir. Yanıbu şık doğrudur
- Tek fazlı motor için güç $P=U.I.\cos\phi$ ve çektiği akım da $I=P/(U.\cos\phi)$ formülleri ile hesaplanır. Motorun gücü ve uygulanan gerilim sabit olduğuna göre akım formülünden görüleceği üzere $\cos\phi$ daha büyük olursa akımın değeri azalacaktır. Yani bu şık da doğrudur.
- $S=P/\cos\phi$ olduğuna göre daha büyük $\cos\phi$ daha küçük görünen güç (S) demektir. Demek ki bu şık da doğrudur.
- Yardımcı sargı, ana sargıya kıyasla daha ince kesit ile ve fakat değişik empedans değeri yaratmak için daha fazla sipirle sarılır. Bu şık yanlıştır. Aradığımız yanıt da budur.



SORU 34: $3,8 \text{ kW}$, 1400 d/d üç fazlı bir elektrik motoru üçgen bağlı olarak 415 V gerilimde çalıştırılacaktır.

- Bu motora hangi yöntemle yol verilmelidir?
- $\cos\phi=0.85$ ise bu motor şebekeden kaç amper akım çekecektir?
- Termik ana kontaktör sonrasında kullanılacak olursa en az kaç ampere ayarlanmalıdır?
- Motor ilk kademede kaç voltluk gerilimle yol almaya başlayacaktır?
- Başlangıç gerilimini sınırlamakla yapılmak istenen nedir?

YANIT:

- $3,8 \text{ kW}$ motor gücü HP cinsinden $3,8/0,746=5,09 \text{ HP}$ güce karşılık gelir. $3-5,5 \text{ HP}$ arasındaki motorlar için Yıldız-Üçgen yol verici kullanılması gerektiğini belirtmiştik. Öyleyse bu motora yol vermek için Y/Δ yol verici kullanılmalıdır.
- Üç fazlı motorlar için $P=\sqrt{3}.U.I.\cos\phi$ ve çektiği akım da $I=P/(\sqrt{3}.U.\cos\phi)$ formülleri ile hesaplanır. Bilinenleri yerlerine koyarsak $I=3800/(\sqrt{3}\times 415 \times 0.85)=3800/611=6,2 \text{ A}$ olarak hesaplanır.
- Termik ana kontaktör sonrasına konursa üçgen bağlı kolların akımına göre işlev yapacaktır. Bu durumda termik $6,2/\sqrt{3}=3,6 \text{ A}$ değerine ayarlanmalıdır.
- Motora Y/Δ yol verici ile yol verileceğinden ilk kademede motor sargılarına 240 V gerilim uygulanacaktır.
- Başlangıç gerilimini sınırlamakla yapılmak istenen motorun kalkış akımını düşük değerlerde tutmak ve şebekeyi darbe akımlarından korumaktır.

SORU 35: 100 kVA'lık özel bir trafodan beslenen bir tesisin güç ölçümleri yapılmış ve 80 kVA ile 60 kW değerleri bulunmuştur. Bu tesise gücü 30 kW ve güç katsayısı 0,8 olan bir motor ilavesi düşünülmektedir. Tesisin yetkili elektrik teknisyeni siz olsanız bu işlemin gerçekleştirilebilmesi için ne yapılmasını önerirsiniz? Gerekli açıklamaları hesaplamaları ile birlikte yazınız.

YANIT:

Tesisin görünen gücü $S=80$ kVA olarak ölçüldüğüne ve trafonun gücü de 100 kVA olduğuna göre tesise en fazla $100-80=20$ kVA ek yük koyabiliriz.

İlave edilmek istenen 30 kW lık motor için $\cos\phi=0,8$ olduğuna göre $S=P/\cos\phi=30/0,8=37,5$ kVA ek yük sözkonusudur. Bu durumda tesisin toplam yükü $80+37,5=117,5$ kVA olacağından trafonun gücü aşılmış olacaktır. Bu istenmeyen bir durumdur.

Bu işlemin gerçekleştirilebilmesi için 3 seçenek vardır:

1. Mevcut 100 kVA trafonun yerine daha büyük güçte (standart güç olarak 200 kVA) yeni bir trafo monte edilir ve tüm tesis sorunsuz olarak çalıştırılır.
2. Tesisin ölçülen değerlere göre aktif gücü 60 kW, görünen gücü 80 kVA olduğuna göre ortalama $\cos\phi=60/80=0,75$ dir. Eğer ilave motorun girmesiyle oluşan fazlalık değer olan $17,5 \text{ kVA} \times 0,75 \approx 13 \text{ kW}$ veya daha büyük güçte mevcut bir motor ile ilave edilmek istenen 30 kW gücündeki motor dönüşümlü olarak çalıştırılacak olursa sorun yine aşılabılır.
3. Ölçümlere göre $S=80$ kVA ve $P=60$ kW olduğuna göre mevcut tesisin reaktif gücü;
 $S^2 = P^2 + Q^2$
 $Q^2 = S^2 - P^2 = 80^2 - 60^2 = 6400 - 3600 = 2800$
 $Q \approx 53 \text{ kVAr}$ olarak hesaplanır.

İlave edilecek motorun reaktif gücü de;

$$Q_m^2 = S_m^2 - P_m^2 = 37,5^2 - 30^2 = 1406,25 - 900 = 506,25$$

$$Q_m \approx 22 \text{ kVAr}$$
 olarak hesaplanır.

Buna göre $\cos\phi = 1$ yapacak şekilde $Q + Q_m = 53 + 22 = 75 \text{ kVAr}$ 'lık bir kompanzasyon sistemi kurarak reaktif yükün tümünü kompanze edersek o zaman 100 kVA'lık trafonun en çok 90 kVA yükü çalışmasını sağlamış oluruz.

SORU 36: 6 amperlik bir MCB'den beslenen 1 kW ($\cos\phi=0,90$) tek fazlı motora aşağıdakilerden hangisi yapıldığında MCB'den çekilen akım artar? Neden? Her şıkkı yorumlayınız.

- a) Motorun F-N uçlarına 5 μF kondansatör bağlanırsa.
- b) Motor devresinin faz iletkenine seri 0,5 Ω direnç bağlanırsa.
- c) Motor ters yönde döndürülürse.
- d) Motorun F-N uçları ters bağlanırsa.
- e) Motorun F-N uçlarına 100 W standart lamba bağlanırsa.

YANIT:

- a) Motorun F-N uçlarına kondansatör takılması demek kompanzasyon yapılması demektir. Kompanzasyon yapıldığında motor normalde çektiği akımdan daha az akım çekecektir. Ne ölçüde kompanzasyon yapıldığına bakalım:

1 kW ($\cos\phi=0,90$) motorun reaktif gücünü bulalım.

$$S=P/\cos\phi=1000/0,90=1111 \text{ VA}$$

$\cos\phi=0,90$ ise $\sin\phi=0,42$ dir. (Nasıl hesaplandığı başka soruda anlatılmıştır)

$$Q=S.\sin\phi=1111 \times 0,42=466,6 \text{ VAr}$$
 olur.

5 μF kondansatörün reaktif gücü $Q_c = U_c^2 . 2 . \pi . f . C$ formülü ile

$$Q_c = 240^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 5 \times 10^{-6} = 90,47 \text{ VAr}$$
 olarak hesaplanır.

Yani reaktif güç yaklaşık 1/5 oranında kompanze edilmiştir.

- b) Motor devresinin faz iletkenine seri $0,5 \Omega$ direnç bağlandığında motor devresinin empedansı artırılmış olur. Böylelikle devreden daha az akım geçecektir.
- c) Motor ters yönde döndürülecek olursa yine normal dönüş yönündeki akımı çekecektir. Yani MCB'nin akımı artmayacaktır.
- d) Motorun F-N uçlarının ters bağlanması ne dönüş yönünde ne de akımda değişiklik yapmaz.
- e) Motorun F-N uçlarına 100 W standart lamba bağlanırsa, motor ile lamba paralel bağlanmış olacaktır. Bu durumda MCB'den çekilen akım lambanın akımı ($100/240=0,41$ A) kadar artacaktır.
- Bu yorumlara göre doğru yanıt (e) şıkkıdır.

SORU 37:

- a) Ototrafolar nerelerde ve hangi amaçla kullanılırlar?
- b) 3 fazlı bir motor için kullanılan ototrafonun çıkış siper (sarım) sayısı 300 ve çıkış gerilimi 220V ise giriş siper sayısı nedir?

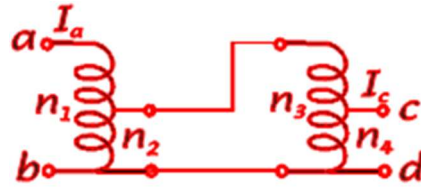
YANIT:

- a) Ototrafolar motor devrelerinde yol verici olarak kullanılırlar. Bilindiği gibi motorlara yol verici kullanmaksızın doğrudan gerilim verilecek olursa kalkınma akımları nominal akımlarının 4-6 katı olur. Bu akımı şebekeye ve motora zarar vermeyecek şekilde küçültmek için motor sargılarına uygulanan gerilimi başlangıçta küçük tutma ve rotor dönmeye başladıktan sonra artırma yöntemi izlenmektedir.
- b) Ototrafoların sarım sayıları ile gerilimleri arasında aşağıdaki bağlantı vardır:

$$U_{n2} \cdot n_1 = U_{n1} \cdot n_2$$

Burada $U_{n1}=240$ V, $U_{n2}=220$ V ve $n_2=300$ olduğuna göre, ototrafonun primer (giriş) siper (sarım) sayısı;

$$n_1 = \frac{n_2 \cdot U_{n1}}{U_{n2}} = \frac{300 \times 240}{220} = 328 \text{ olarak hesaplanır.}$$

SORU 38: Aynı özelliklere sahip 2 adet ototrafo aşağıda gösterildiği gibi art arda bağlanmışlardır.

$n_1 = n_3 = 1200$ sarım ve $n_2 = n_4 = 300$ sarımdır.

- a) a-b arasına 240 Volt gerilim uygulanırsa c-d arasında kaç Volt okunur?
- b) I_a akımı 1 Amper ise I_c akımı ne kadardır?

YANIT:

- a) Ototrafoda $U_1/U_2 = n_1/n_2$ dir.
- Aynı özelliklerde iki ototrafoyu ard arda bağladık. Birinci trafonun girişinden ikinci trafonun çıkışına kadar gerilimleri U_1 , U_2 , U_3 ve U_4 olarak isimlendirirsek;
- $U_1/U_2 = n_1/n_2$ ve $U_3/U_4 = n_3/n_4$ yazabiliriz.
- $U_1= 240$ V olarak verildiğine ve $n_1/n_2 = n_3/n_4 = 1200/300 = 4$ olduğuna göre;
- $U_1/U_2 = 4 \rightarrow 240/ U_2 = 4 \rightarrow U_2= 240/4 = 60$ V
- $U_3/U_4 = 4 \rightarrow 60/ 240/ U_4 = 4 \rightarrow U_4= 60/4 = 15$ V olarak hesaplanır.
- b) Trafolar (kayıpları ihmal ediyoruz) giriş ve çıkış güçleri eşittir.
- $U_1 \cdot I_a = U_4 \cdot I_c$ dir. Bildiğimiz değerleri yerine koyalım:
- $240 \times 1 = 15 \times I_c \rightarrow I_c = 240/15 = 16$ A olarak bulunur.

SORU 39: Elimizde bulunan 2 adet senkron motorun etiket değerlerinin bazıları şöyledir:

Motor 1:	415 V	50 Hz	8 kutup
Motor 2:	415 V	60 Hz	4 kutup

Bu motorlardan hangisi daha hızlı döner?

YANIT:

Senkron motorların devir sayısı frekans ve kutup sayısına bağlı olarak hesaplanır.

$n = 120.f/p$ formülü dakikadaki devir sayısını verir.

Buna göre etiketlerinde belirtilen koşullarda çalışmaları durumunda;

Motor 1 için $n_1 = 120 \times 50 / 8 = 750$ d/dak.

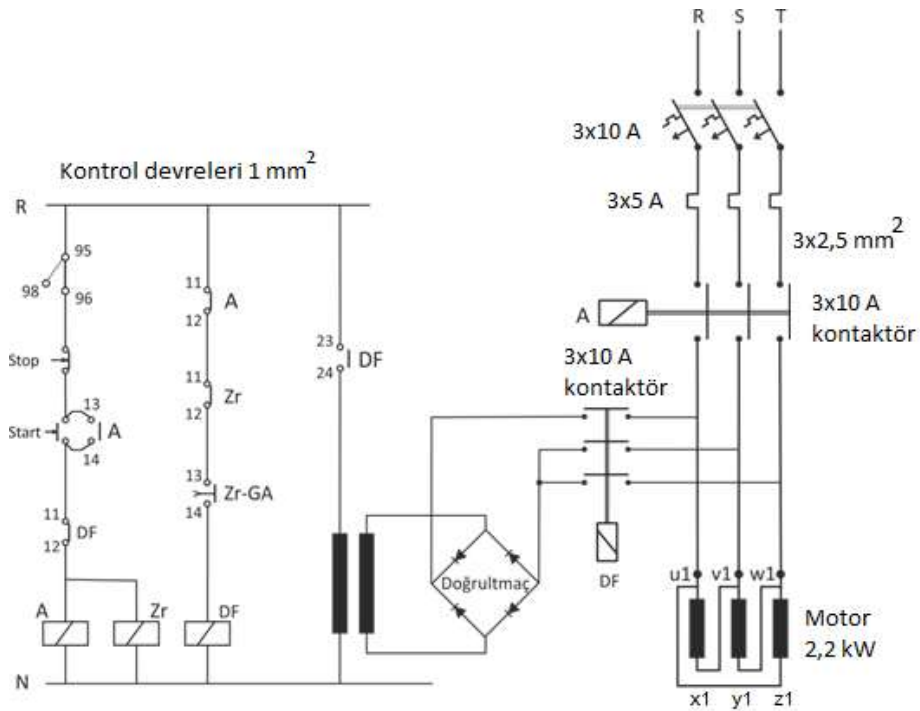
Motor 2 için $n_2 = 120 \times 60 / 4 = 1800$ d/dak. olacaktır.

Yani motor 2 daha hızlı döner.

SORU 40: 3 fazlı 2,2 kW gücündeki asenkron bir motorun gerektiğinde **dinamik frenleme** yapabilmesi için gerekli güç ve kumanda devrelerini çiziniz.

YANIT:

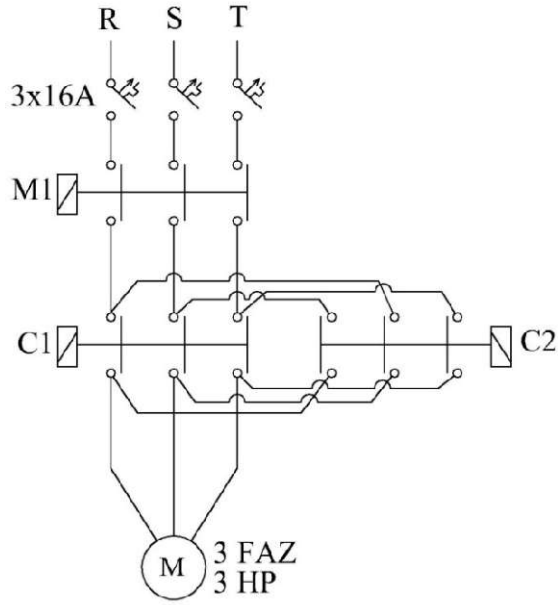
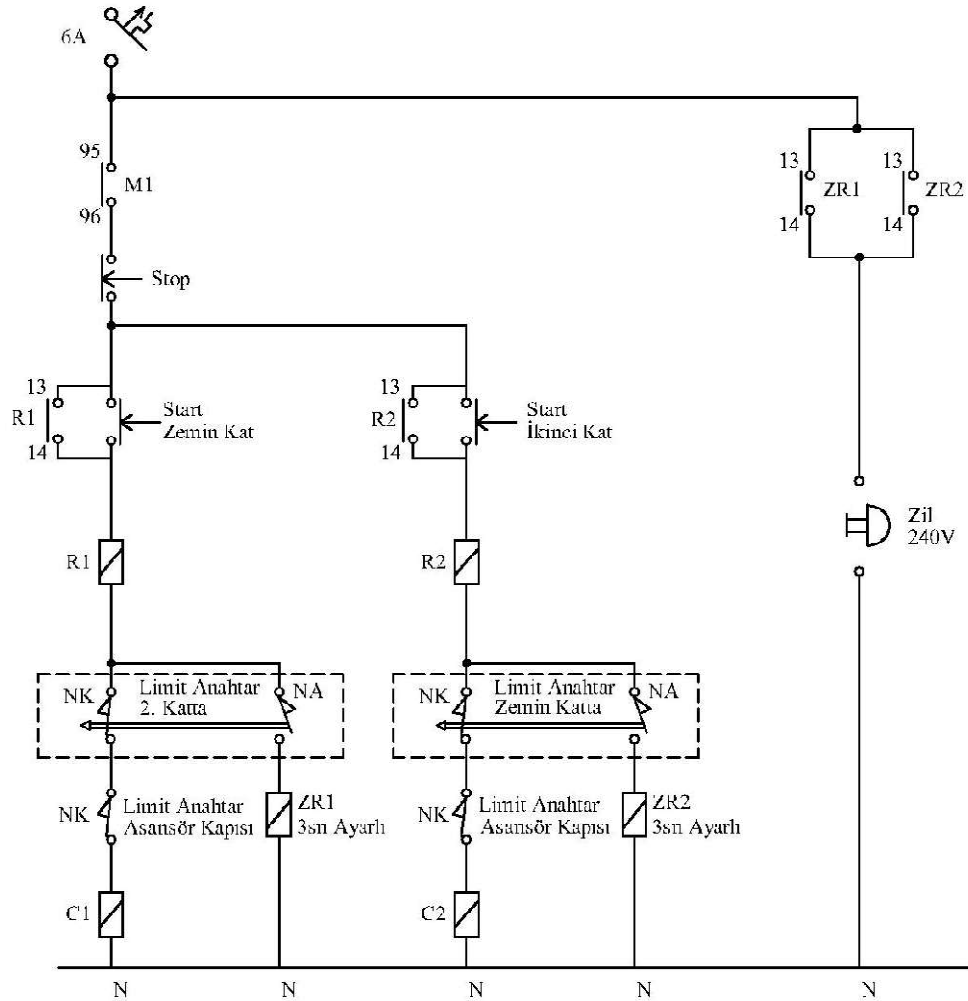
2,2 kW olarak verilen motor gücü 3 HP'e karşılık gelir. Bu nedenle motora doğrudan yol verilebilir. O zaman güç-kumanda devresi aşağıdaki gibi olacaktır. Motor her fazdan 3-5 A arasında bir akım çekecektir.



SORU 41: Bir işyerine zemin kat ile 2. kat arasında yük taşımak için bir asansör tesis edilecektir.

- Zemin katta start butonuna basıldığında yük asansörü 2. kata çıkarak otomatik olarak duracak ve asansörün 2. kata çıktığının duyulması için için 3 sn süre ile zil çalacaktır.
- Aynı şartlar yük asansörü zemin kata indirildiğinde de geçerli olacaktır.
- Yük asansörü kapıları açık olduğunda çalışmayacaktır.
- Asansör istenildiği anda stop butonuna basılarak durdurulabilecektir.

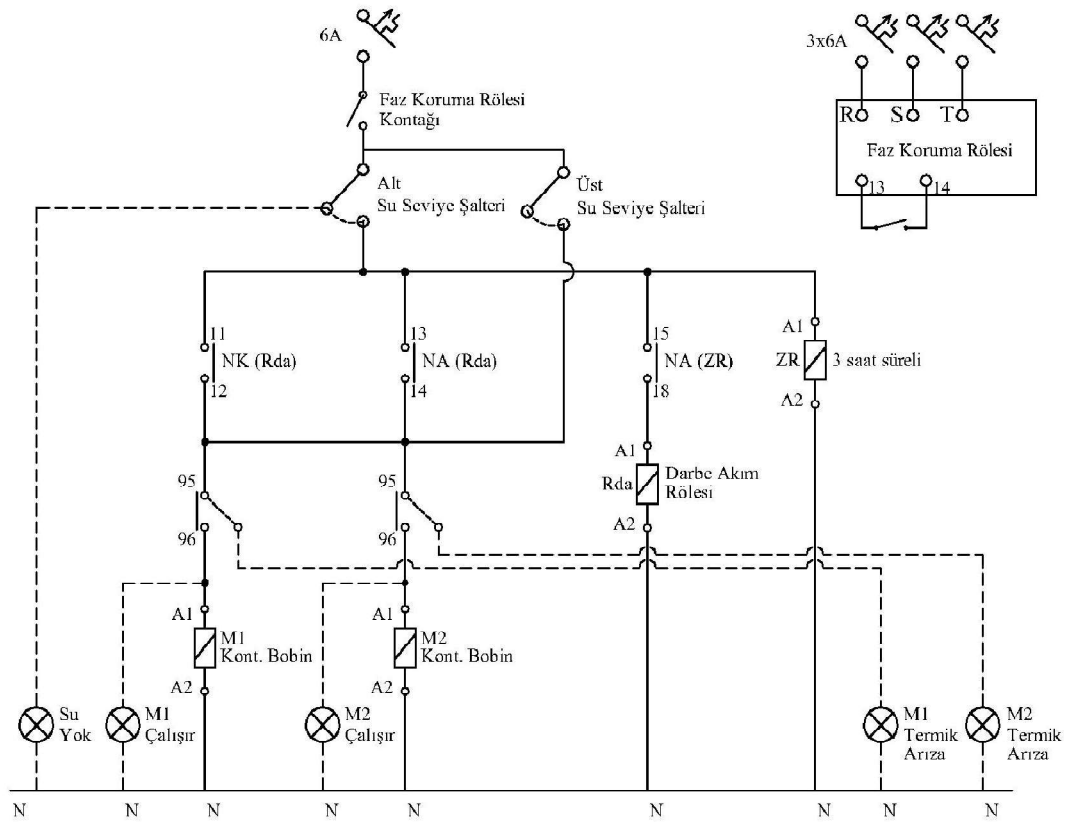
Bu şartları sağlayan güç ve kontrol devrelerini çiziniz.

YANIT:**Güç devresi:****Kontrol devresi:**

SORU 42: İki adet dalgıç pompa bir pis su kuyusunda çalıştırılacaktır. 3 HP, 3 faz olan bu pompalar için aşağıda istenenleri de dikkate alarak bir kumanda devresi tasarlayınız.

- Pompalar 3 saat ara ile değişerek çalışacak
- Su seviyesine göre otomatik olarak çalışacak
- Su seviye şalterinin arızalanması veya tek motorun gelen suyu tahliye edememesi durumunda iki motor birden devreye alınıp kuyunun taşması önlenecek
- Faz kesilmesine veya motorların sıkışmasına karşı önlemler alınacak
- Her konum için ışıklı uyarı sistemi kurulacak (su yok, 1. motor çalışıyor, 2. motor çalışıyor, arıza var gibi)

YANIT:



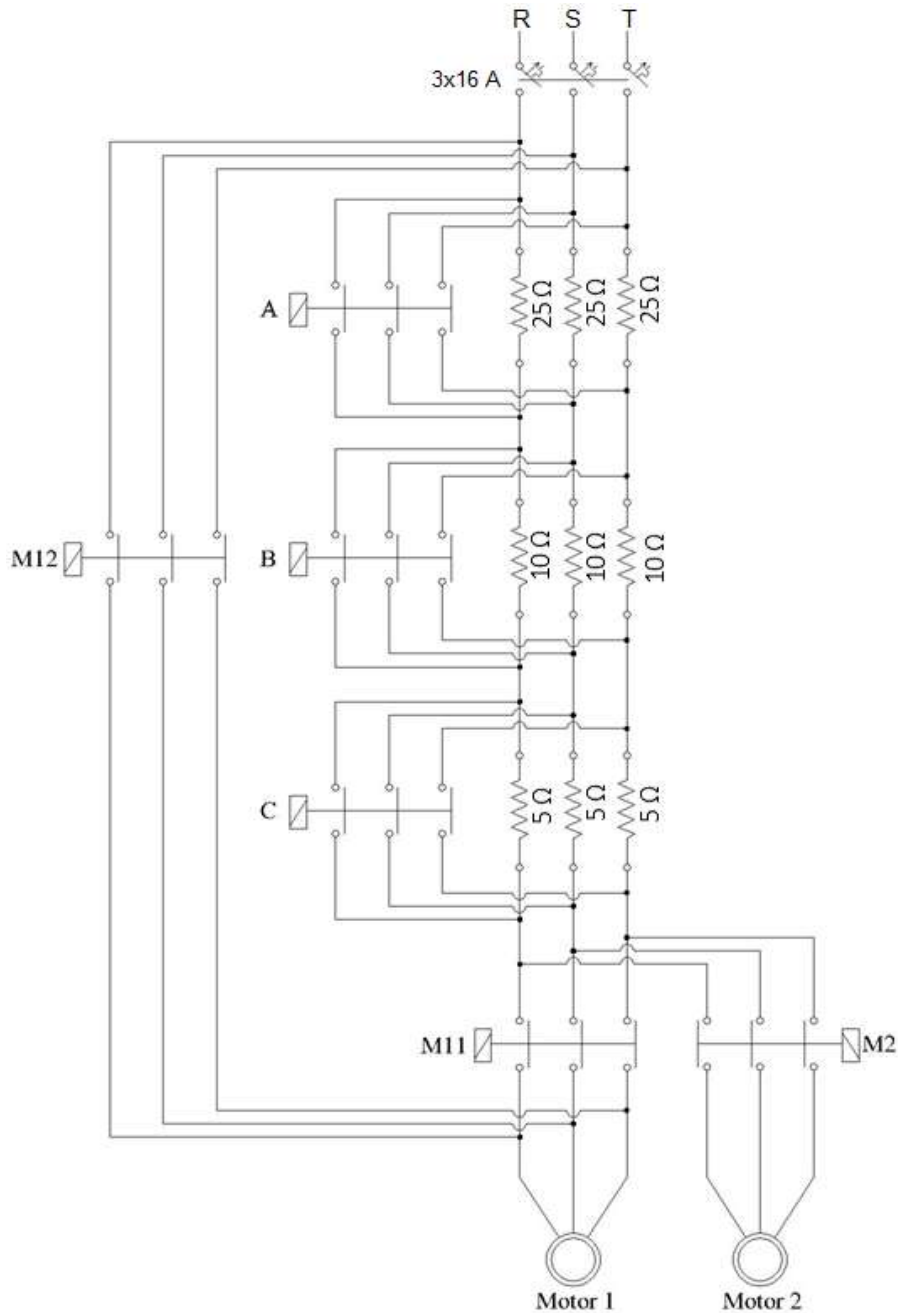
SORU 43: Güçleri farklı 2 adet bilezikli asenkron motora rotor sargılarına seri dirençler ilave edilerek yol verilecektir. Her iki motor için de aynı direnç blokları kullanılacak ve motor 1 yol aldıktan sonra motor 2 devreye alınacaktır. Aşağıda motorlara hangi aşamalarda her sargıya ne büyüklükte seri direnç bağlanacağı gösterilmektedir.

	Motor 1	Motor 2
1. aşama	40 Ω	30 Ω
2. aşama	25 Ω	15 Ω
3. aşama	10 Ω	5 Ω
4. aşama	0 Ω	0 Ω

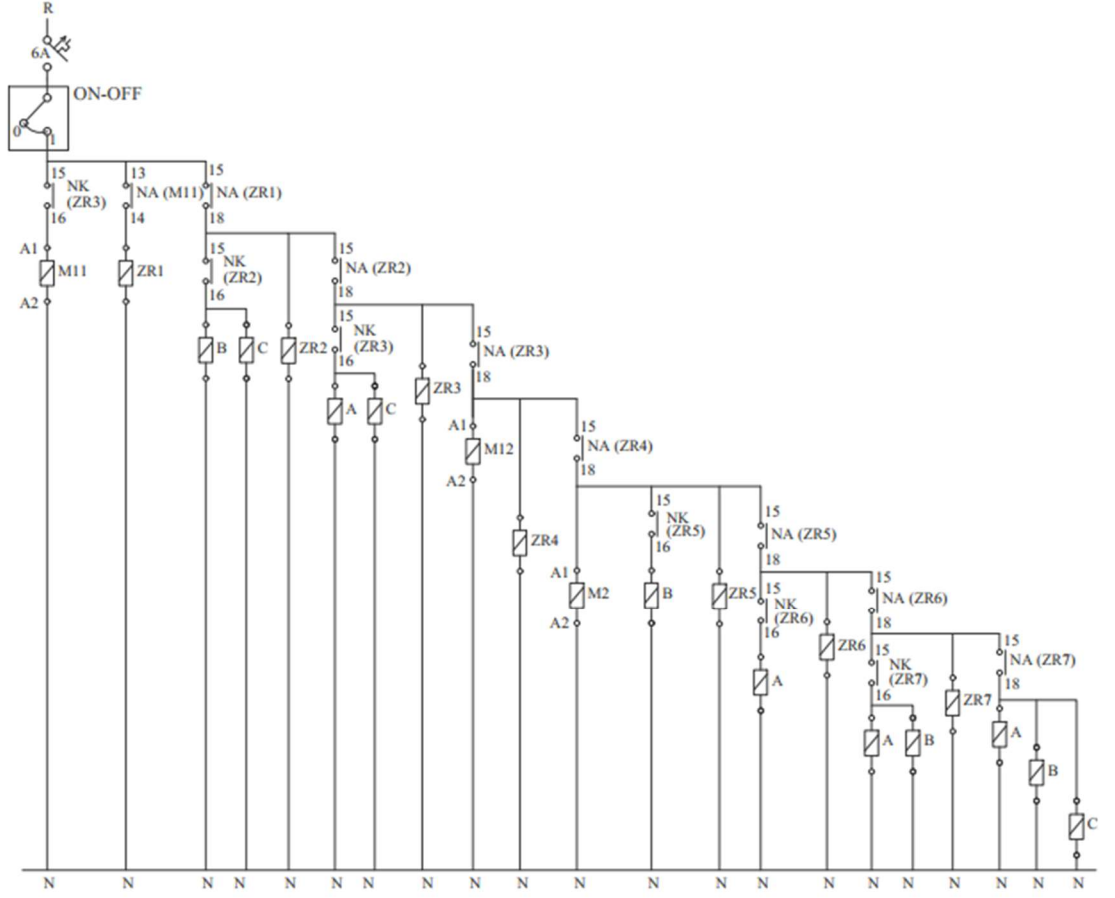
Elimizde bulunan birer adet 25 Ω , 10 Ω ve 5 Ω 'luk direnç bloklarını kullanarak her iki motora yol verilmesi için gerekli güç-kumanda devresini çiziniz.

YANIT:

Güç devresi:



Kumanda devresi:

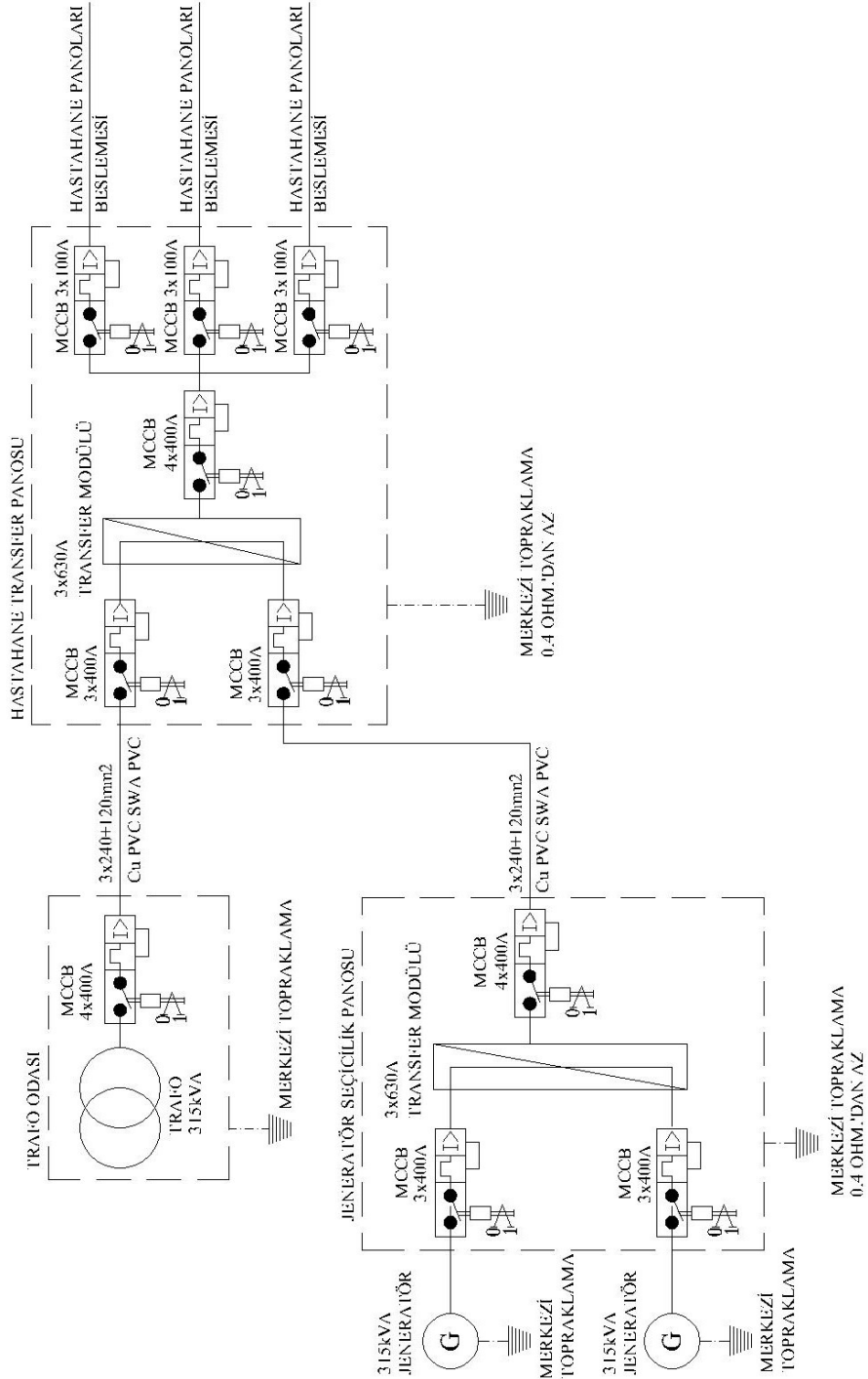


SORU 44: 315 kVA yüke sahip bir hastanenin yedek beslemesi olarak 2 adet jeneratör kullanılması planlanmıştır. Her iki jeneratör de 315 kVA güçte olup aynı özelliklere sahiptir.

Enerjinin kesilmesi halinde 1 no'lu jeneratör otomatik olarak devreye girecektir. 1 no'lu jeneratörün herhangi bir nedenle devreye girememesi durumunda 2 no'lu jeneratörü otomatik olarak devreye alacak şekilde düzenlenmesi gereken transfer panosunun güç ve kumanda devrelerini çiziniz. Kablo ve kesici değerlerini de belirtiniz.

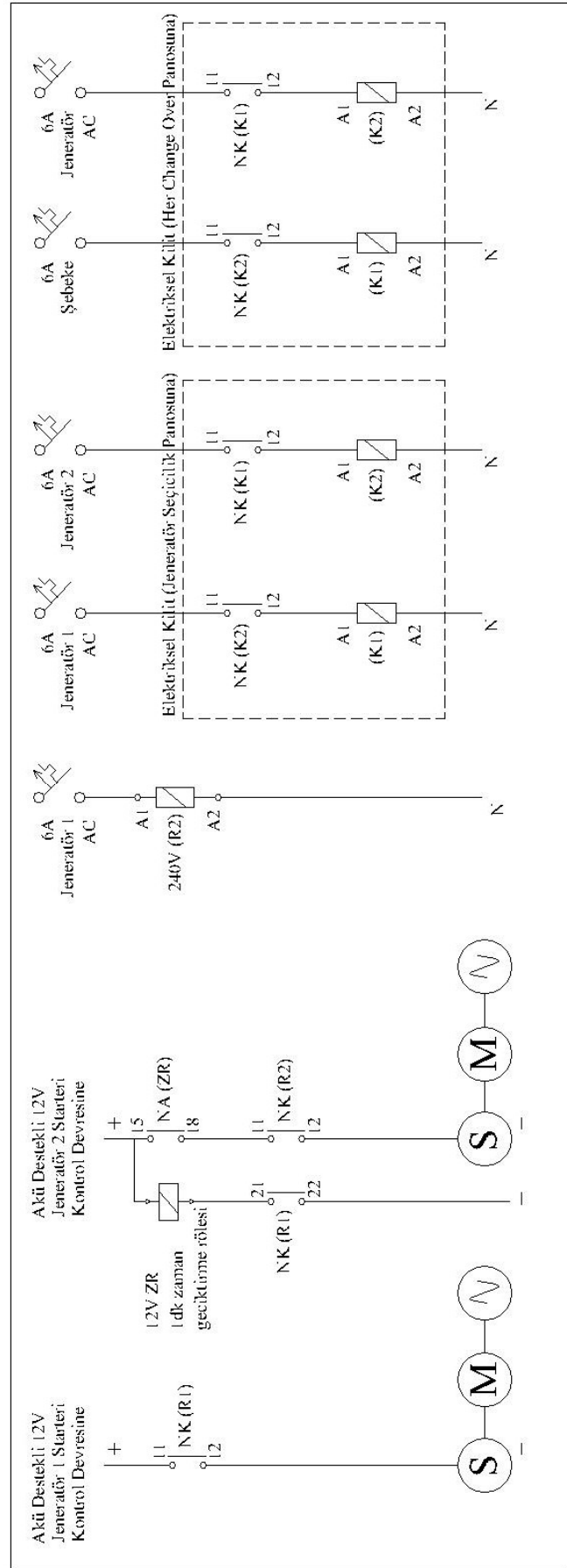
YANIT:

Güç devresi:



Kumanda devresi:

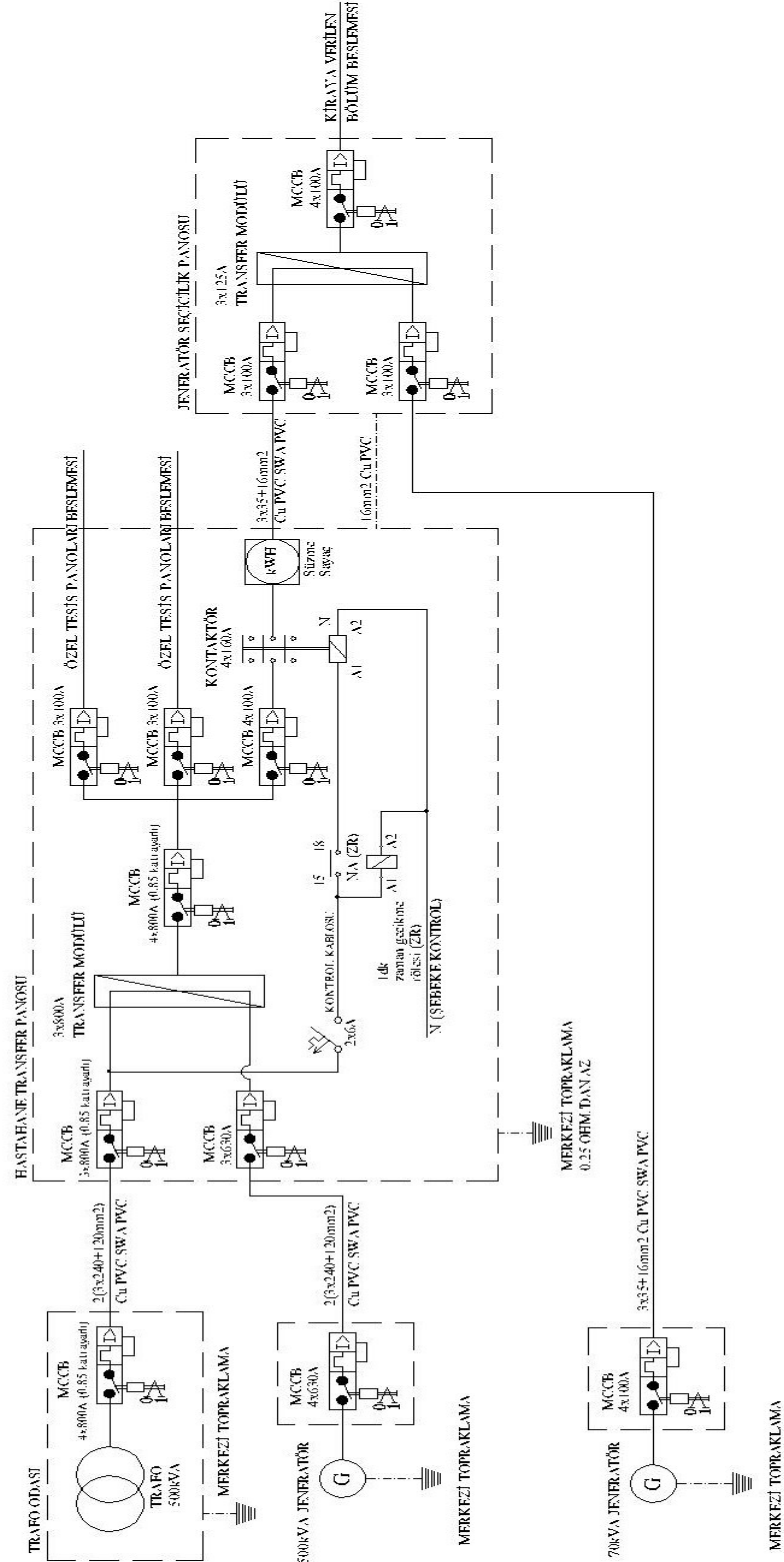
KULLANILACAK MALZEMELER					
Şebeke Kontaktör K1	Jeneratör Kontaktör K2	415V Röle Şebeke Kontrol Jeneratör 1	240V Röle	Jeneratör 1 Kontaktör K1	Jeneratör 2 Kontaktör K2



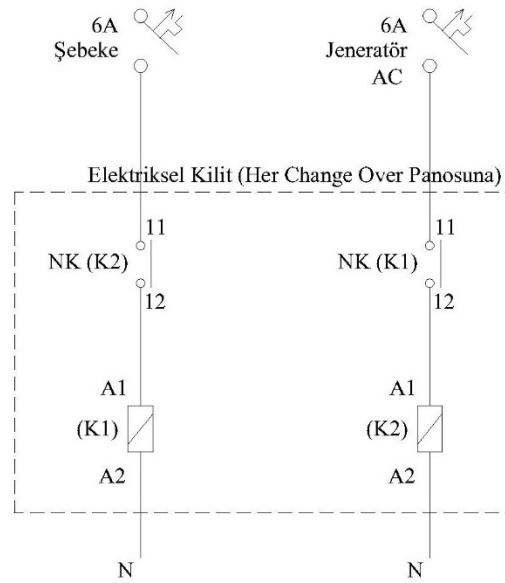
SORU 45: 500 kVA trafosu ve 500 kVA jeneratörü olan özel bir tesisin, 4x100 A O/L ile beslenen bir bölümü kiraya verilmiştir. Bu bölüm için bir dahili (süzme) sayaç ve 500 kVA jeneratörden bağımsız 70 kVA başka bir jeneratör monte edilecektir. Bu şartları sağlayacak güç ve kontrol devrelerini çiziniz.

YANIT:

Güç devresi:



Kumanda devresi:



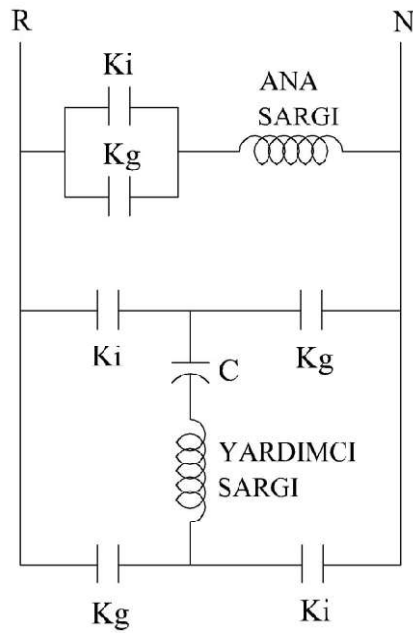
SORU 46: Tek fazlı redüktörlü (düşük devirli) 1 HP gücünde bir motorun bahçe kapısını açmak için kullanılması düşünülmektedir. Bahçe kapısının her iki uç noktasında sınır anahtarları kullanılacaktır.

Bu motorun güç ve kontrol devresini çizerek açıklayınız.

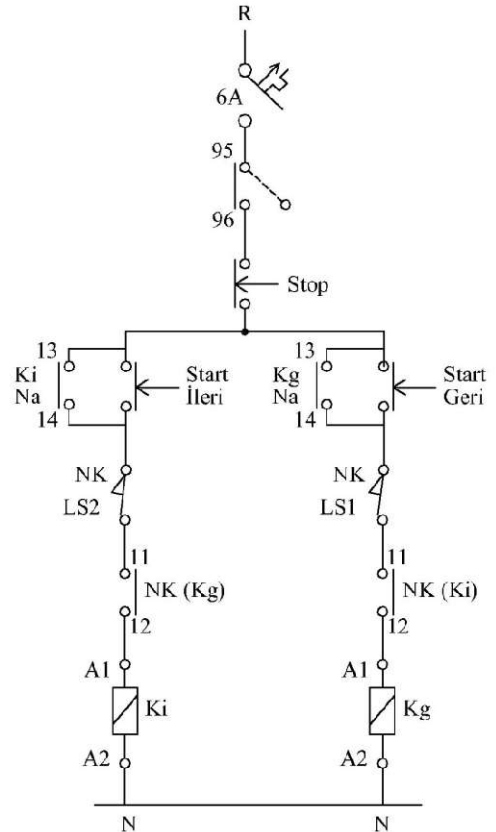
YANIT:

Redüktörler, Elektrik Motorlarının yüksek dönüş hızlarını makineler için gerekli olan dönüş hızlarına düşürmek için tasarlanan kapalı dişli sistemleridir.

Güç devresi:



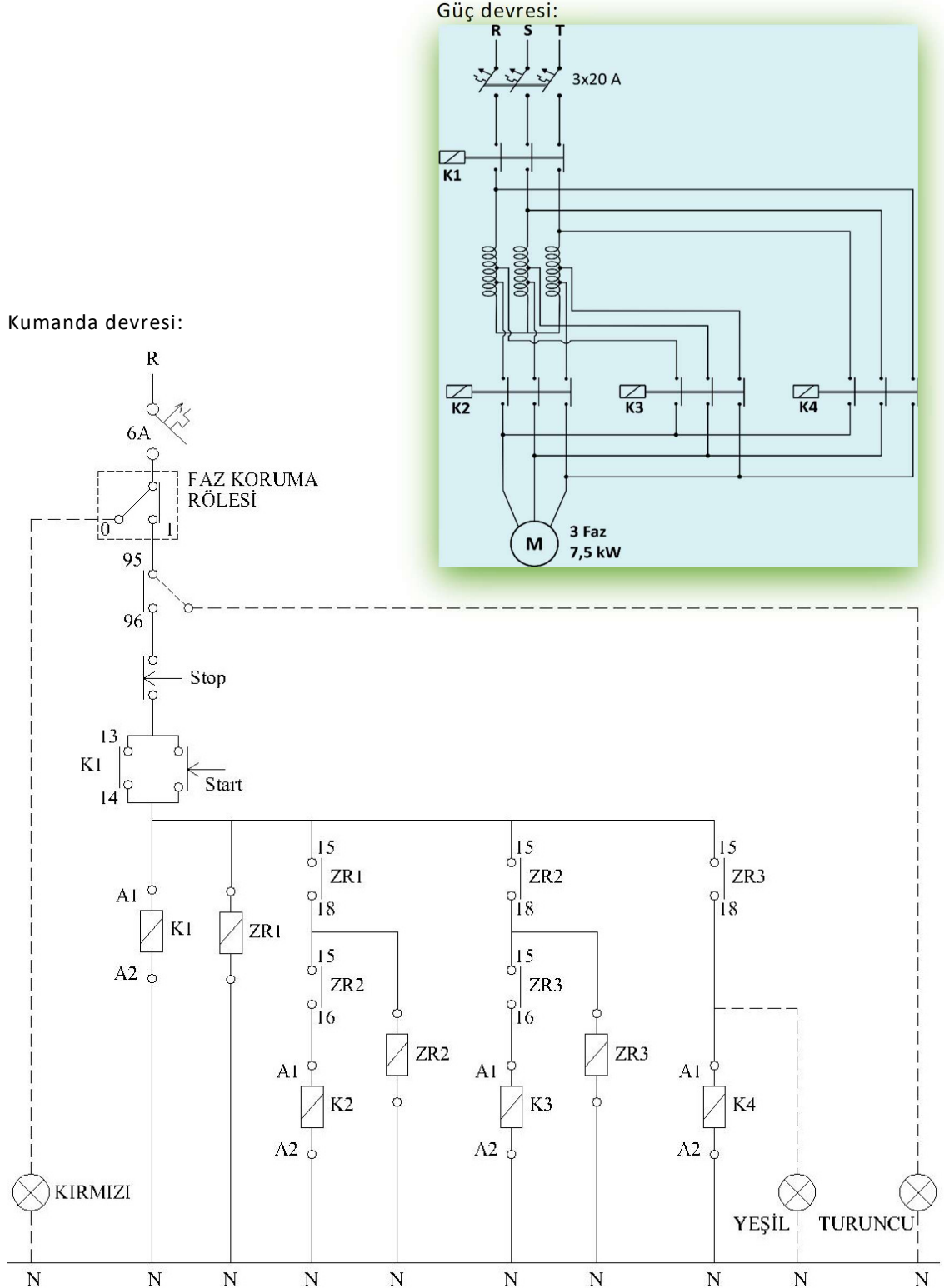
Kumanda devresi:



SORU 47: 7,5 kW üçgen bağlı bir motora yol verilecektir. Bu amaç için 3 kademeli bir oto trafonun kullanılması istenmektedir. İlk kademede %50, ikinci kademede %70 ve üçüncü kademede ise %100 gerilim kullanılarak motora yol verilecektir. Ayrıca motor faz hatalarına karşı korunacaktır. Faz arızasında kırmızı, termik arızasında turuncu ve yol aldıktan sonra yeşil uyarı lambası yanacaktır.

Yukarıda istenenleri kapsayacak şekilde güç ve kumanda devrelerini çiziniz.

YANIT:

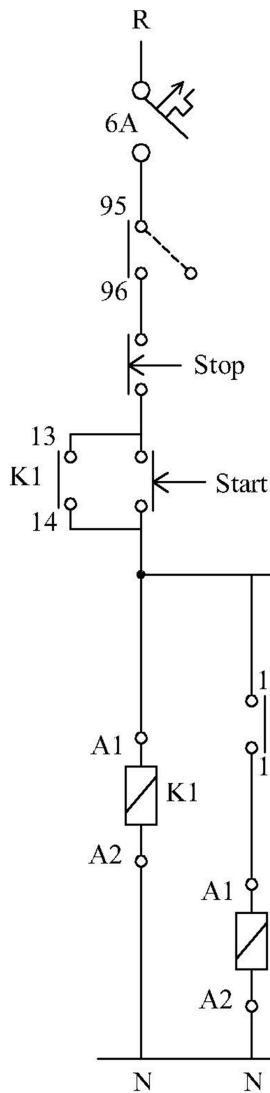


SORU 48: Kıbtek elektrik şebekesinin uç noktasında yer alan ve dolayısıyla gerilim düşümünün yoğun olduğu bir tesisteki 200 HP'lik bir motorun çalıştırdığı makinanın mekanik gücü, ilk kalkış anında aşırı akım çekilmesine neden olmaktadır. Bu yüzden ototrafo veya yumuşak yol verici ile motor hareket ettirilememiştir.

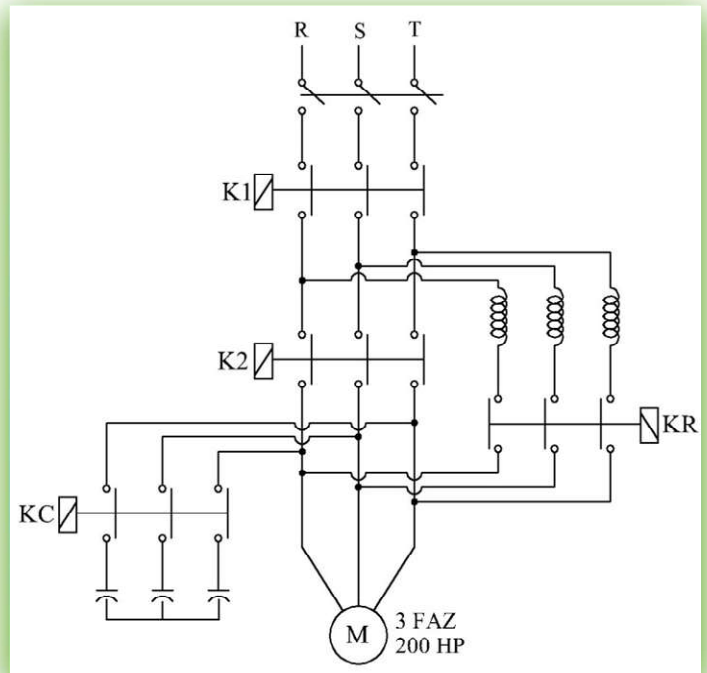
Bu motora reaktör kullanarak ve ilk kalkış anında meydana gelecek reaktif yükler nedeniyle bozulacak olan $\cos \phi$ 'nin düzeltilmesini de sağlayacak yol verme düzeninin güç ve kumanda devrelerini çiziniz.

YANIT:

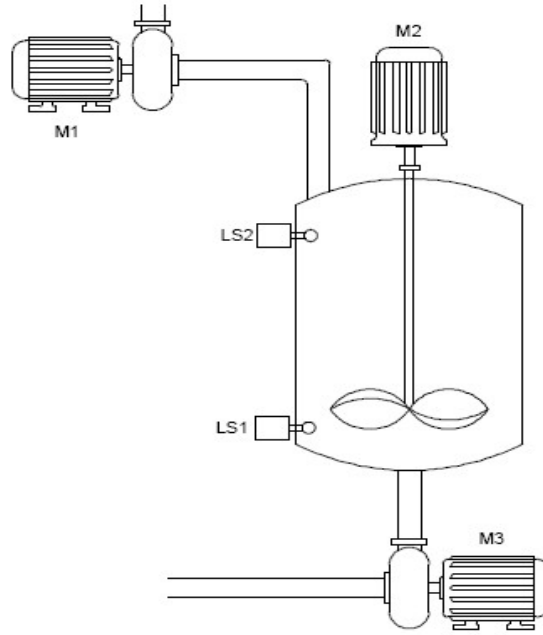
Kontrol Devresi:



Güç devresi:

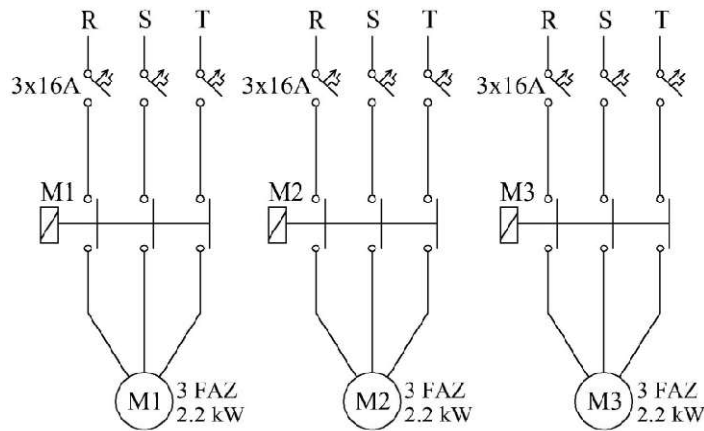


SORU 50: Bir karıştırma tankı aşağıda anlatıldığı şekilde çalıştırılacaktır:
 Kumanda devresinin başlangıcında Manuel/Otomatik seçimi için olanak sağlanacaktır. Otomatik çalışma seçildiğinde su seviyesi LS1 alt seviye sensörünün altında iken M1 dolum motoru çalışmaya başlayacaktır. Su seviyesi önce LS1 alt seviye sensörüne ulaşacaktır. Ardından seviye yükselmeye devam edecek ve LS2 su seviye sensörüne ulaşacaktır. Bu noktada M1 motoru duracak ve M2 karıştırma motoru çalışacaktır. Karıştırma işlemi 30 dakika sürecektir. Ardından M3 boşaltma motoru çalışacaktır. Su LS2 üst seviye sensörünün altına düştüğünde M2 ve LS1 alt seviye sensörünün altına düştüğünde ise M3 motoru duracak ve M1 motoru yeniden devreye girerek sistem başa dönecektir.
 M1 motoru için S3, M2 motoru için S4 ve M3 motoru için S5 anahtarı olmak üzere her motor için Manuel/Otomatik seçimi yapılabilecektir. Her motor, kendisine ait termik röle tarafından devre dışı bırakılacaktır.
 Sistemin çalışmasını sağlayan güç ve kumanda devrelerini çiziniz.

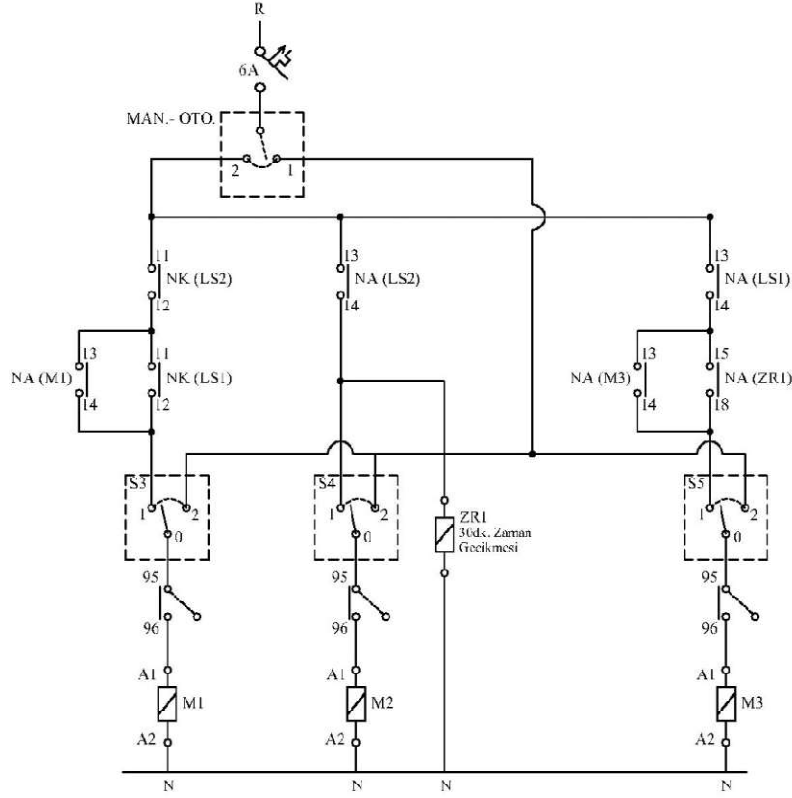


YANIT:

Güç devresi:

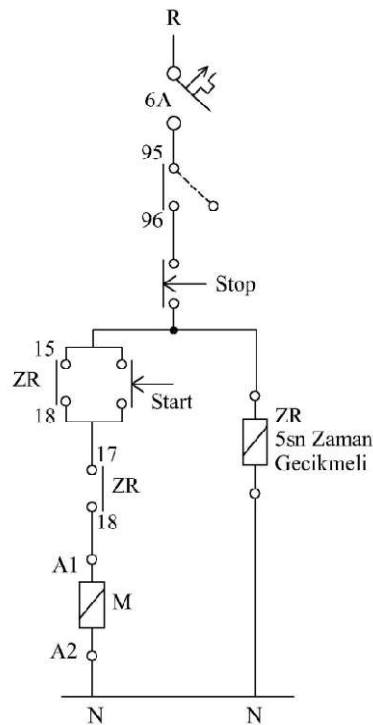


Kumanda devresi:



SORU 51: Tek fazlı 1 HP gücündeki asenkron bir motor aşağıda istenenleri sağlayacak şekilde çalıştırılmak istenmektedir:
Start (başlatma) butonuna basıldığında motor çalışacak fakat yine aynı buton olan start (başlatma) butonu 5 sn'den önce bırakılır ise motor duracaktır, aksi halde motor stop (durdurma) butonuna basılana veya termik açana dek çalışmaya devam edecektir.
 İlgili kumanda devresini çiziniz.

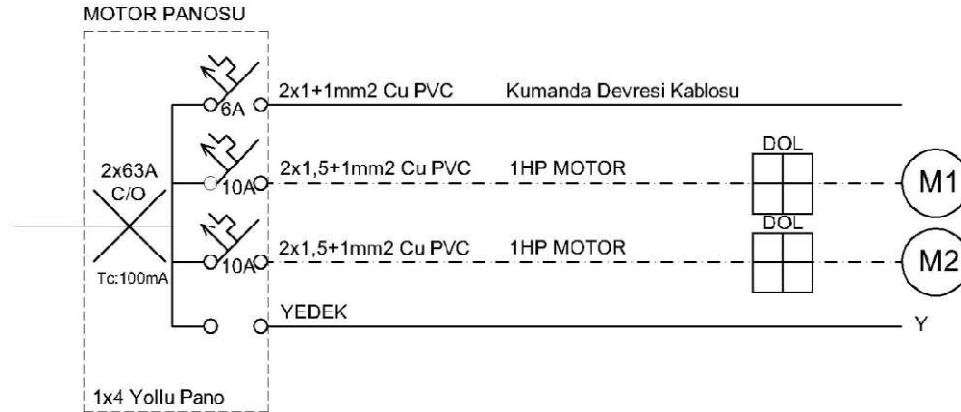
YANIT:



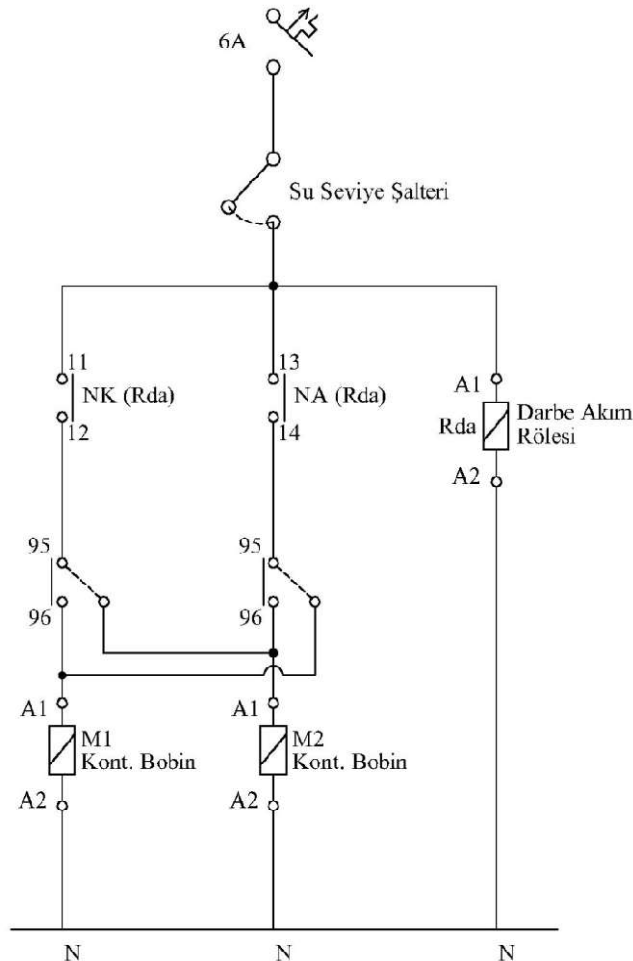
SORU 52: Bir konut için, eş yaşlandırma amacıyla her gerektiğinde farklı motor çalışacak şekilde ve gereken güvenlik önlemleri alınarak 2 adet 1 HP'lik dalgıç motorun çalıştırılması istenmektedir. Motorlardan birinin termiğinin açması durumunda diğer motor çalışmaya devam edecektir. Yasal zorunlulukları da dikkate alarak güç ve kumanda şemasını çiziniz.

YANIT:

Güç devresi:



Kontrol devresi:

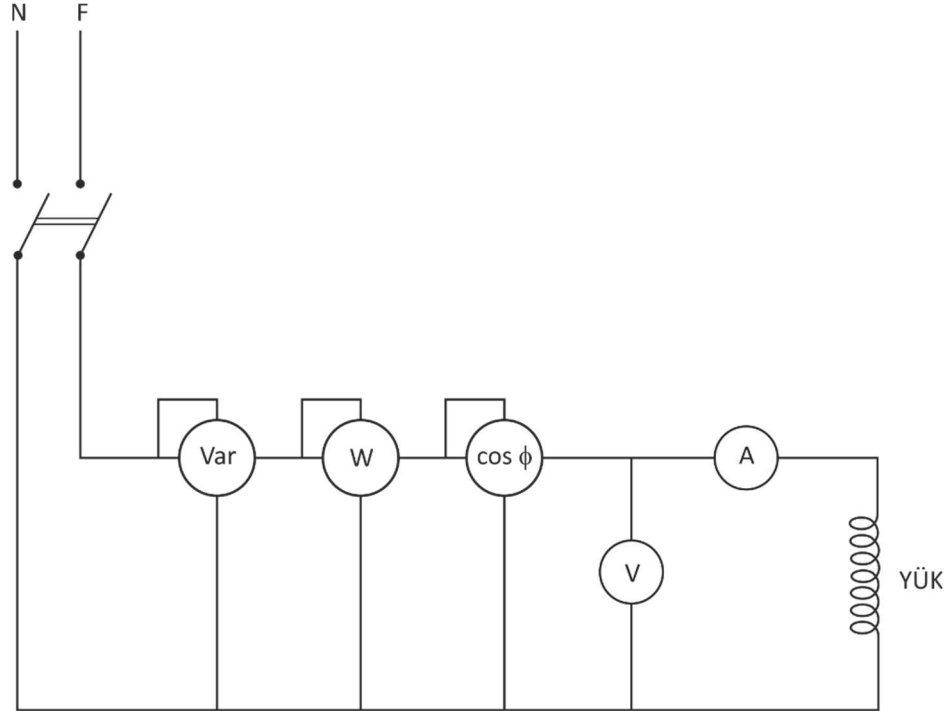


SORU 53: Aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

- Tek fazlı endüktif bir yükün akımını, gerilimini, gücünü, güç faktörünü ve reaktif gücünü ölçecek bir devre çiziniz.
- Yapılan ölçümlerde wattmetre 800 W ve ampermetre 5 A olarak okunmuştur. Buna göre yükün;
 - Güç faktörü nedir?
 - Çekeceği reaktif güç ne kadardır?
 - Güç faktörünü 1 yapmak için ne yapılmalıdır? Hesaplayarak açıklayınız.

YANIT:

- İstenen ölçümlerin yapılabileceği bir devre aşağıdaki gibi olabilir:

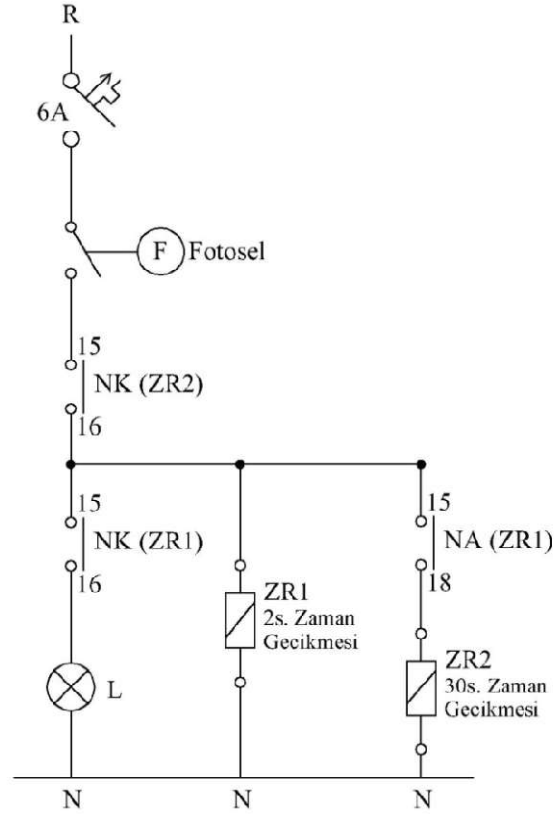


- Ampermetre 5 A gösterdiğine göre, devrenin görünen gücü $S = U \cdot I = 240 \times 5 = 1200 \text{ VA}$ dir.
 - Aktif güç $P=800 \text{ W}$ olarak ölçüldüğüne göre, $P=S \cdot \cos \phi$ ve buradan güç faktörünü (katsayısını) $\cos \phi = P/S = 800/1200 = 0,666$ olarak hesaplarız.
 - Çekilen reaktif güç (Q) hesabı için S, P ve Q arasındaki bağlantıdan yararlanacağız. $S^2=P^2+Q^2$ dir. Buna göre $Q^2=S^2-P^2=1200^2-800^2=800000$ ve $Q=894 \text{ VAR}$ olarak hesaplanır.
 - Güç faktörünü 1 yapmak için, gerekli büyüklükteki bir kondansatörü yüke paralel olarak devreye eklememiz gerekecektir. Bu kondansatörün değerini hesaplamak için kitabın giriş bölümünde verilen $Q_c=U_c^2 \cdot 2\pi f C$ formülünden yararlanacağız. Burada kondansatörün değeri C'den başka bilinmeyen olmadığı için kolayca sonuç alınabilir.

Formülü $C = \frac{Q_c}{U_c^2 \cdot 2\pi \cdot f}$ şekline dönüştürdükten sonra bilinenleri yerlerine koyarsak

$$C = \frac{Q_c}{U_c^2 \cdot 2\pi \cdot f} = \frac{894}{240^2 \times 2 \times 3,1415 \times 50} = \frac{894}{57600 \times 314,15} = 50 \mu\text{F} \text{ olarak hesaplarız.}$$

SORU 54: Yüksek bir binanın tepesine mania lambası (obstruction light) yerleştirilecektir. Bu lamba yalnızca geceleri yanacağından fotosel veya rezervli 24 saatlik bir timer ile kontrol edilecektir. 2 adet zaman rölesi kullanarak bu lambanın her 30 saniye sonrasında 2 saniye yanmasını



sağlayacak kontrol devresini çiziniz ve çalışmasını açıklayınız.

YANIT:

Çalışma ilkesi şöyledir:

Hava yeterince kararınca fotosel devreyi kapatacak ve NK (ZR2) kontakları üzerinden öncelikle ZR1 zaman rölesi ve NK (ZR1) kontakları üzerinden de mania lambası enerjilenecektir. 2 saniye sonra NK (ZR1) açılacak, lamba sönecek, NA (ZR1) kapanacak ve ZR2 zaman rölesi devreye girecektir. 30 saniye sonra NK (ZR2) açılacak ve tüm elemanlar devreden çıkacaktır. Böylece NK (ZR2) yeniden normal konumuna (yani NK) döneceğinden aynı işlemler aynı sıra ile yeniden yapılacaktır.